

Національна академія педагогічних наук України
Інститут цифровізації освіти НАПН України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ОЛЕКСЮК ВАСИЛЬ ПЕТРОВИЧ

ДИСЕРТАЦІЯ

УДК 378.147:004.738.5

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ
ПРОЄКТУВАННЯ, АДМІНІСТРУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ
ХМАРО ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ
МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ**

13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті

01 – Освіта / Педагогіка

Подається на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

В. П. Олексюк



Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Олексюк В. П. Теоретико-методичні основи проєктування, адміністрування та використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті (01 – Освіта / Педагогіка). – Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України. – Київ, 2023.

Зміст анотації. У дисертації подано теоретичне обґрунтування та нове вирішення проблеми використання хмаро орієнтованого середовища навчання в процесі підготовки здобувачів другого та третього ступеня вищої освіти за спеціальністю «014.09 Середня освіта (Інформатика)». Поняття *«хмаро орієнтоване середовище навчання майбутніх учителів інформатики»* трактується як система цифрових засобів (апаратних, комунікаційних, віртуалізованих), що функціонують відповідно до принципів хмарних обчислень та забезпечують повсюдний доступ здобувачів до інформаційних, обчислювальних ресурсів задля досягнення програмних результатів підготовки майбутнього вчителя інформатики. На основі вивчення джерельної бази обґрунтовано, що спроектувати досліджуване середовище означає проаналізувати та визначити цільові, змістові, дидактичні вимоги до підготовки в ньому здобувачів освіти. Уточнено поняття «Адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання», що трактується як комплекс заходів щодо проєктування, розгортання, управління та обслуговування його складників (сервісів, платформ, інфраструктур), а також супроводу діяльності в ньому здобувачів освіти. Проведене дослідження спрямовано на розвиток хмаро орієнтованих середовищ навчання закладів вищої освіти в умовах реформування освіти, що вимагає розроблення науково-технічного та організаційно-методичного забезпечення.

Вивчення досвіду підготовки майбутніх учителів інформатики свідчить, що в Україні та за кордоном актуальними є вивчення здобувачами концепцій і

проблематики використання сучасних хмарних технологій, зокрема розгортання, адміністрування хмарних платформ та розроблення хмарних додатків і сервісів. На основі вивчення феномена відкритої освіти обґрунтовано, що ефективною формою надання освітніх ресурсів є масові відкриті онлайн-курси.

Подано загальну методику дослідження проблеми розроблення теоретичних, технологічних і дидактичних засад проектування, адміністрування хмаро орієнтованих середовищ та їх використання для навчання майбутніх учителів інформатики. Сформульовано гіпотезу, що ці методики є передумовою підготовки компетентних фахівців у галузях освіти та інформаційних технологій. Визначено завдання педагогічного експерименту та базу експериментально-дослідної роботи. Наведено опис кожного етапу проведення експерименту. У дисертації виконано моделювання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики, у результаті якого обґрунтовано концептуальну, дидактичну, сервісну та модель адміністрування середовища. Відповідно до цих моделей визначено дидактичні (повсюдність, інваріантність, моніторинг, контроль навчальної діяльності, можливість взаємодії учасників освітнього процесу, керованість ресурсів, відповідність різним моделям, перспективність) та технологічні (доступність, функціональність, підтримка загальноприйнятих мережних протоколів, легальність використання, гнучкість конфігурування, можливість інтеграції, контрольованість, захищеність) критерії добору складників середовища. Забезпечення підтримки освітнього процесу передбачає технічне та методичне поєднання в комбіновану хмару платформ (загальнодоступні та корпоративні), що реалізують усі сервісні моделі.

Відповідно до кожної з моделей базовими вимогами до використання ХОСН у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики визначено такі:

- інтеграція фізичного та віртуального середовищ, підтримка дистанційного навчання, повсюдність навчання, забезпечення взаємодії усіх учасників освітнього процесу;
- систематичність, неперервність і послідовність використання складників ХОСН на всіх рівнях здобуття вищої освіти, починаючи із застосування

окремих сервісів, через моделювання у ХОСН роботи цифрових і мережних систем до розгортання хмарних платформ та розроблення здобувачами їх власних сервісів;

- орієнтація на комбіновану модель хмарних обчислень передбачає поєднання платформ різних вендорів та провайдерів.

Проаналізовано авторський досвід використання технологій адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання. Для забезпечення доступу учасників освітнього процесу до його ресурсів розроблено єдину систему автентифікації користувачів. Визначено послідовність етапів розгортання складників хмаро орієнтованого середовища навчання учителів інформатики, зокрема, проектування бази даних облікових записів користувачів, розгортання загальнодоступних і корпоративних хмарних платформ, інтеграція хмарних платформ, розроблення хмарних лабораторій та імплементація до них масових відкритих онлайн-курсів. Відповідно до критеріїв добору складників середовища визначено хмарні платформи Google Workspace та Microsoft 365 як доцільні для розгортання в середовищі. Розроблено технології та методику адміністрування загальнодоступної хмарної платформи Google Workspace. Проаналізовано сучасні протоколи авторизації, розроблено технології інтеграції хмарних сервісів Google Workspace і Microsoft 365 щодо автентифікації користувачів та їх доступу до ресурсів. Обґрунтовано необхідність розгортання у ЗВО хмарних платформ, що реалізують модель «інфраструктура як сервіс». На основі порівняльного аналізу обрано для розгортання вільнопоширювані платформи Apache Cloudstack та Proxmox VE.

Констатовано, що для виконання завдань розгортання слід дотримуватися положень розроблених моделей, а досягнення результату можливе без використання дороговартісного серверного забезпечення. На основі систематизації досвіду розгортання та використання в освітньому процесі платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE доведено, що дотримання положень авторської методики дає можливість виконання значної кількості віртуальних машин і моделювання складних мережних інфраструктур. Для забезпечення

продуктивності та гнучкості використання досліджуваних платформ у складі хмаро орієнтованого середовища навчання було виконано оцінювання продуктивності обраних корпоративних хмар, що дало можливість оцінити кількість здобувачів, які можуть одночасно отримувати обчислювальні ресурси певних характеристик. Розроблено технології резервного копіювання компонент хмарних інфраструктур, розгорнутих на основі платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE. Обґрунтовано використання різних підходів до резервного збереження – повного, інкрементного та диференціального, а також дублювання хмарних і локальних сховищ.

Обґрунтовано методичну систему та особливості реалізації методик використання ХОСН для розвитку фахової компетентності майбутніх учителів інформатики, що здобувають освіту на першому та другому ступенях.

Згідно з дидактичною моделлю, на першому ступені вищої освіти доцільним є використання складників хмаро орієнтованого середовища як засобів організації освітньої діяльності. На основі аналізу освітньо-професійних програм було розроблено зміст і методику курсів базового освітньо-професійного рівня «Операційні системи», «Комп'ютерні мережі», «Адміністрування комп'ютерних мереж» та комп'ютерної практики з використанням розгорнутих у середовищі хмарних лабораторій. В основу авторської методики покладено концепцію комбінованого навчання з використанням масових відкритих онлайн-курсів. До зазначених лабораторій було імплементовано авторські навчальні матеріали, теми курсів мережної академії Cisco, віртуальні комп'ютери та мережі академічної хмари, сервіси загальнодоступних хмарних платформ Google Workspace та Microsoft 365. Розроблено методику підготовки здобувачів до створення та розгортання хмарних платформ, яку доцільно проводити у межах освітніх програм підготовки майбутніх учителів інформатики. З цією метою було розроблено курс «Основи хмарних технологій». Серед іншого в ньому реалізовано проєктну методику підготовки магістрантів до розгортання платформи Google Workspace у закладах середньої освіти. Навчання магістрантів розробленню власних хмарних сервісів показано на прикладі двох проєктів з

програмування. Вони спрямовані на використання сучасних засобів програмування та опрацювання даних із загальнодоступних хмарних платформ і сервісів.

Наведено аналіз результатів педагогічного експерименту. На констатувальному етапі з'ясовано, що, починаючи з першого курсу, студенти часто застосовують хмарні технології для вирішення навчальних задач, комунікації, збереження даних. Зроблено висновок про готовність здобувачів до застосування складників хмаро орієнтованого середовища та вивчення основ хмарних технологій.

На формувальному етапі педагогічного експерименту підтверджено гіпотезу про позитивний вплив методики використання хмаро орієнтованого середовища на розвиток складників фахової компетентності здобувачів. Встановлено, що студенти бакалаврського рівня віддають перевагу практичним лабораторним заняттям перед теоретичними, зокрема затребуваним серед здобувачів є короткий виклад теоретичного матеріалу в поєднанні з відповідними практичними завданнями. Кореляційний аналіз у курсі «Операційні системи» засвідчив, що студенти розуміють та високо оцінюють рівнорівневі авторські завдання у формі есе. На формувальному етапі педагогічного експерименту не виявлено впливу попереднього досвіду чи статі студентів на їхні навчальні досягнення.

На формувальному та підсумковому етапах педагогічного експерименту було виконано опрацювання результатів анкетування та оцінок майбутніх учителів інформатики другого магістерського рівня вищої освіти. Аналіз отриманих даних засвідчив наявність статистичних відмінностей між відповідями й оцінками магістрантів, отриманими на формувальному та підсумковому етапах експерименту. Констатовано що ефективним методом організації навчальної діяльності є участь магістрантів у реальних проєктах, які підвищують пізнавальний інтерес, дозволяють розвивати в здобувачів навички спільної роботи, усвідомлення важливості розв'язання завдань щодо розгортання хмарних сервісів у закладах освіти.

Ключові слова: хмаро орієнтоване середовище навчання, хмарні технології, фахова компетентність, майбутні вчителі інформатики, бакалаври, магістри, цифрова трансформація освіти.

ABSTRACT

Oleksiuk V. P. Theoretical and methodical principles of designing, administration and using a cloud-based learning environment for future computer science teachers. – Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

Thesis for the degree of doctor of pedagogical sciences, in speciality 13.00.10 – Information and Communication Technologies in Education (01 – Education / Pedagogics). – The Institute for Digitalisation of Education of National Academy of Educational Sciences of Ukraine. – Kyiv, 2023.

Abstract content. The dissertation presents a theoretical foundation and a new solution to the problem of using a cloud-based learning environment in the training process of future computer science teachers. The concept of a "cloud-based learning environment" is interpreted as a system of digital tools (hardware, communication, virtualized). These tools operate in accordance with the principles of cloud computing and provide universal access for students to data, and computing resources, in order to achieve the educational outcomes outlined in the curriculum. Based on the source base, it is substantiated that to design the researched environment means to analyze and determine the target, content, and didactic requirements for the training of education applicants in it. The concept of "Administration of a cloud-based learning environment" has been clarified. It is interpreted as a set of measures related to the design, deployment, management, and maintenance of its components (services, platforms, infrastructures), as well as supporting the activities of applicants in it. The conducted research is aimed at the development of cloud-based learning environments of higher education institutions under the conditions of education reforms. This necessitates the development of scientific, technical, and methodological support to effectively implement these environments.

The study of the experience of training future informatics teachers shows that in universities of Ukraine, the EU, and the USA, the study of the concepts and problems of using modern cloud technologies are relevant. Based on the analysis of

psychological and pedagogical features of activities in cloud-based environments, it is substantiated that mass open online courses are an effective form of providing educational resources. The general research methodology of the problem of developing theoretical, technological, and didactic principles of design, administration of cloud-based environments, and their use for training future computer science teachers is presented. The prerequisite for the training of competent specialists in the fields of education and information technologies, has been formulated. The tasks of the pedagogical experiment and the basis of the experimental and research work are indicated. A description of each stage of the experiment is provided. In the dissertation, modeling of a cloud-based learning environment for future computer science teachers was performed. So the conceptual, didactic, service and administration environment models were substantiated. In accordance with these models, didactic (ubiquity, invariance, monitoring, control of educational activities, possibility of participants interaction in the educational process, resource manageability, compliance with various models, perspectiveness) and technological-procedural (availability, functionality, standard network protocols support, distribution legality, configuration flexibility, integration potential, controllability, and security) selection criteria are determined as components of the environment of cloud platforms and services. It was established that providing support for the educational process involves a technical and methodical combination into a combined cloud of platforms (public and private) implementing all service models.

The author's experience in the cloud-based learning environment administration technologies is analyzed. A unified user authentication system has been developed to ensure students' access to environmental resources. The sequence of stages of deploying cloud-based learning environment components for computer science teachers is defined, in particular, the design of user account database, the deployment of public and private cloud platforms, the integration of cloud platforms, the development of cloud laboratories and the implementation of mass open online courses for them. According to the selection criteria of the environment components, the Google Workspace and Microsoft 365 cloud platforms have been identified as

appropriate for deployment in the environment. The technologies and methods of administration of the public cloud platform Google Workspace have been developed. Modern authorization protocols were analyzed, and technologies for integration of Google Workspace and Microsoft 365 cloud services were developed for user authentication and access to resources. The necessity of deploying cloud platforms implementing the "infrastructure as a service" model in educational institutions is substantiated. Based on the comparative analysis, open-source platforms Apache Cloudstack and Proxmox VE were chosen for deployment.

It was established that the implementation of deployment tasks should follow the provisions of the developed models, and the achievement of the result is possible without the usage of expensive server hardware. Based on the systematization of the experience of deploying and using the Apache Cloudstack and Proxmox VE platforms in the educational process, it has been proven that compliance with the provisions of the author's methodology enables the implementation of a significant number of virtual machines and modeling of complex network infrastructures. To ensure the productivity and flexibility of the researched platforms as part of a cloud-based learning environment, an evaluation of the performance of selected private clouds was performed, which made it possible to estimate the number of acquirers who can simultaneously receive computing resources of certain characteristics. Backup technologies for its components of the Apache Cloudstack and Proxmox VE cloud platforms have been developed. The use of different approaches to backup storage such as full, incremental, and differential as well as the duplication of cloud and local storage is substantiated.

The methodology of using a cloud-based environment for the development of professional competence of future computer science teachers pursuing bachelor's and master's degrees has been developed.

According to the didactic model at the first level of higher education, it is advisable to use the components of the environment as a means of organizing educational activities. Based on the analysis of educational and professional programmes, the content and methodology of the bachelor's level courses "Operating

Systems", "Computer Networks", "Administration of Computer Networks" and computer practice using cloud laboratories deployed in the environment were developed. The author's methodology embraces the concept of blended learning using mass open online courses. The author's educational materials, course themes of the Cisco Networking Academy, virtual computers and networks of the academic cloud, and services of public cloud platforms Google Workspace and Microsoft 365 were implemented in the specified laboratories. A methodology for master's students training for the creation and deployment of cloud platforms was developed. It should be carried out within educational and scientific programs. For this purpose, the course "Fundamentals of cloud technologies" was developed. It implemented a project methodology for preparing master's students for the deployment of the Google Workspace platform in secondary schools. Training master's students to develop their own cloud services is shown in the example of two programming projects. They are aimed at using modern programming and data processing tools from public cloud platforms and services.

An analysis of the results of the pedagogical experiment is given. At the ascertainment stage, it was observed that starting from the first year, students often use cloud technologies for educational assignments, communication, and data storage. A conclusion was made about the applicants readiness to use the components of a cloud-based learning environment and study the basics of cloud technologies. The hypothesis regarding the positive impact of the method of using a cloud-based environment on the development of the applicant's professional competence components has been confirmed. Notably, among bachelor's students, a preference for practical laboratory sessions over theoretical ones has been established, specifically highlighting the demand for a synthesis of theoretical content and practical tasks. Correlational analysis in the course "Operating Systems" showed that students understand and highly appreciate peer-to-peer writing assignments in the form of essays. The pedagogical experiment did not reveal the influence of students' previous experience or gender on their educational achievements. An experimental section of educational achievements of master's students proved that an effective method of organizing their educational

activities is active engagement in real projects. They increase the cognitive interest of students and allow future computer science teachers to develop the necessary professional skills of joint work, and awareness of the significance associated with problem-solving tasks pertaining to the implementation of cloud services in educational institutions.

Keywords: cloud-based learning environment, cloud technologies, professional competence, future computer science teachers, bachelors, masters, digital transformation of education.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Розгортання та адміністрування хмарної платформи Google Workspace for education у закладі вищої освіти / О. М. Спирін та ін. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. Т. 92, № 6. С. 172–197. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v92i6.5078> (*індексується у Web of Science*).
2. Олексюк В. Можливості використання курсів мережевої академії Cisco у процесі навчання майбутніх учителів інформатики. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 2022. №56. С. 142–149. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-56-142-149>
3. Oleksiuk V., Oleksiuk O. The practice of developing the academic cloud using the Proxmox VE platform. *Educational Technology Quarterly*. 2021, №4, P. 605–616. DOI: <https://doi.org/10.55056/etq.36>.
4. Олексюк, В. П., Іванова, С. М., Мінтій, І. С. Оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень: зарубіжний досвід. *Освітній вимір*. 2021. Т. 56, № 4. С. 58–74. DOI: <https://doi.org/10.31812/educdim.v56i4.4435>.
5. Експеримент з розвитку інформаційно-дослідницької компетентності науковців і викладачів на основі відкритих електронних систем / О. М. Спирін та ін. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. Т. 80, № 6. С. 281–308. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v80i6.4201> (*індексується у Web of Science*).
6. Олексюк В. П. Застосування електронних систем відкритого доступу у процесі підготовки майбутніх магістрів середньої освіти в галузі інформатики. *Збірник наукових праць Національної академії державної прикордонної служби України. Сер. Педагогічні науки*. Хмельницький: НАДПСУ, 2019. № 1(16). С. 312-326.

7. Рамський, Ю. С., Олексюк В. П. Модель навчання майбутніх учителів інформатики застосування хмарних технологій. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. 2018. № 20(27). С. 28-32.
8. Абрамик М. В, Лещук С. О., Олексюк В. П. Використання хмарних технологій у процесі навчання майбутніх учителів інформатики основам програмування. *Фізико-математична освіта*. 2018. Т. 18, № 4. С. 7-11. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-018-4-001>.
9. Олексюк В. П., Олексюк О. Р. Стан сформованості компетентностей з інформаційної безпеки майбутніх учителів інформатики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 62, № 6. С. 277-291. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v62i6.1906> (*індексується у Web of Science*).
10. Олексюк, В. П., Олексюк О. Р Актуалізація синергетичного підходу у дослідженні відкритої освіти. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. 2017. №19 (26). С. 113-117.
11. Олексюк В. П. Формування у майбутніх учителів інформатики компетентностей безпечної діяльності у комп'ютерних мережах. *Фізико-математична освіта*. 2017. Вип. 4. С. 244-249.
12. Олексюк В. П. Проектування моделі хмарної інфраструктури ВНЗ на основі платформи Apache Cloudstack. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2016. Т. 54, № 4. С. 153-164. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v54i4.1453> (*індексується у Web of Science*).
13. Berezytskyi M. M., Oleksyuk V. P. Massive open online courses as a stage in the development of e-learning. *Information Technologies and Learning Tools*. 2016. Vol. 56, № 6. P. 51-63. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v56i6.1479> (*індексується у Web of Science*).
14. Олексюк В. П. Досвід розгортання хмарних платформ Google Apps та Microsoft Office 365 у загальноосвітніх навчальних закладах *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2016. № 7. С. 52-56.

15. Олексюк, В. П. Застосування віртуальних хмарних лабораторій у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. 2015. Вип. 15 (22). С. 76-81.
16. Олексюк В. П. Досвід інтеграції системи управління навчанням Moodle з хмарними сервісами Google Apps. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. 2015. № 8(3). С. 42-47.
17. Олексюк В. П. Упровадження технологій хмарних обчислень як складових ІТ-інфраструктури ВНЗ. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. Т. 41, № 3. С. 256-267. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v41i3.1042> (індексується у *Web of Science*).
18. Олексюк О. Р., Олексюк В. П. Інтеграція інституційного репозитарію в інформаційно-освітнє середовище ВНЗ. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. Т. 44, № 6. С. 220–232. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v44i6.1164> (індексується у *Web of Science*).
19. Олексюк В. П. Досвід організації віртуальних лабораторій на основі технологій хмарних обчислень. *Інформаційні технології в освіті*. 2014. № 20. С. 128-138. DOI: <https://doi.org/10.14308/ite000503>.
20. Олексюк В. П. Досвід інтеграції хмарних сервісів Google Apps у інформаційно-освітній простір вищого навчального закладу. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2013. Т. 35, № 3. С. 64–73. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v35i3.824> (індексується у *Web of Science*).
21. Олексюк В. П. Деякі аспекти застосування сервісів Google Apps у вищому навчальному закладі. *Інформаційні технології в освіті*. 2013. № 16. С. 116-122. DOI: <https://doi.org/10.14308/ite000435>.
22. Олексюк В. П. Єдина система автентифікації як крок до створення освітнього простору загальноосвітнього навчального закладу. *Науковий часопис*

Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2012. № 13 (20). С. 187-192.

23. Рамський Ю. С., Олексюк В. П. Формування інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики у процесі підготовки їх до розробки освітніх ресурсів. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2, Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2010. № 8(15). С.65-69.*

24. Олексюк В. П., Габрусєв В. Ю., Балик А. В. Деякі аспекти інтеграції веб-сервісів вищого навчального закладу. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка. 2011. № 1. С. 228-234.*

25. Рамський, Ю. С., Олексюк В. П. Формування інформаційної культури майбутніх учителів математики у процесі застосування та вивчення мережних технологій. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка. 2008. № 8. С. 3-11.*

26. Балик А. В., Олексюк В. П. Моделювання та розробка білінгової системи «NG-Stat». Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет, 2008 р. С.16-21.

27. Рамський, Ю. С., Олексюк В. П. Методичні аспекти навчання майбутніх учителів інформатики застосуванню мережних технологій. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка. 2007. № 6. С.16-23.*

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав

28. Oleksiuk V., Spirin O. The Experience of Using Cloud Labs in Teaching Linux Operating System. *Communications in Computer and Information Science. 2022. Vol 1635. P. 281-291. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14841-5_18 (індексується у Scopus)*

29. Balyk N. R., Shmyger G. P., Ya Ph Vasylenko, Oleksiuk V. P. STEM centre as a factor in the development of formal and non-formal STEM education. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2288. DOI: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012030> (*індексується у Scopus*).
30. Yatsentiak D. V., Oleksiuk V. P., Balyk N. R. Study of ergonomic criteria for evaluating the software user interface. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2288. DOI: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012005> (*індексується у Scopus*).
31. Holovnia O. S., Oleksiuk V. P. Selecting cloud computing software for a virtual online laboratory supporting the Operating Systems course. *Cloud Technologies in Education*. 2019. Vol. 3085. P. 216-227. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper11.pdf> (Last accessed : 02.12.2022) (*індексується у Scopus*).
32. The Didactic Aspects of Blended Learning in Higher Education Institutions During the Pandemic / N. Balyk et al. *E-learning in the Time of COVID-19*. 2021. Vol. 13. P. 65–75. DOI: <https://doi.org/10.34916/el.2021.13.06> (*індексується у Web of Science*).
33. Study of augmented and virtual reality technology in the educational digital environment of the pedagogical university. / N. Balyk et al. *E-learning in the Time of COVID-19*. 2020. Vol. 11, P. 305–313. DOI: <https://doi.org/10.34916/el.2021.13>. (*індексується у Web of Science*).
34. Oleksiuk V., Oleksiuk O. Exploring the potential of augmented reality for teaching school computer science. *Augmented Reality in Education*. 2020. Vol. 2731. P. 107-116. <https://ceur-ws.org/Vol-2731/paper04.pdf> (Last accessed: 02.12.2022) (*індексується у Scopus та Web of Science*).
35. Some experience in maintenance of an academic cloud. / Oleksiuk V. et al. *Cloud Technologies in Education*. 2020. Vol. 2879. P. 165-178. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2879/paper06.pdf> (Last accessed: 02.12.2022) (*індексується у Scopus*).
36. Design of educational environment for teachers' professional training. / Balyk N. et al. *The International Conference on History, Theory and Methodology of*

Learning. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20207503010> (Last accessed : 02.12.2022)

37. Project-based Learning in a Computer Modelling Course. / Balyk N. et al. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1840. DOI: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012032> (*індексується у Scopus*).

38. The Digital Capabilities Model of University Teachers in the Educational Activities Context. / Balyk N. et al. *ICT in Education, Research and Industrial Applications Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2020. Vol. 2732, P. 1097-1112. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2732/20201097.pdf> (Last accessed : 02.12.2022) (*індексується у Scopus*).

39. STEM-Approach to the Transformation of Pedagogical Education. / N. Balyk et al. *E-learning and STEM Education Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2019. P. 109–123. DOI: <https://doi.org/10.34916/el.2019.11.08>. (*індексується у Web of Science*).

40. The blended methodology of learning computer networks: cloud-based approach. / Spirin O. et al. *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration*. 2019. Vol. 2393. P. 68-80. http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_231.pdf (Last accessed: 02.12.2022) (*індексується у Scopus*).

41. Designing of Virtual Cloud Labs for the Learning Cisco CyberSecurity Operations Course. / Balyk N. et al. *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2019. Vol. 2393. P. 960-967. http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_338.pdf (Last accessed: 02.12.2022) (*індексується у Scopus*).

42. Design Approaches to the Development of Teacher's Digital Competencies in the Process of Their Lifelong Learning. Balyk N. et al. *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2019. Vol. 2393. P. 04-219. http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_237.pdf (Last accessed: 02.12.2022) (*індексується у Scopus*).

43. Oleksiuk V., Oleksiuk O. Methodology of teaching cloud technologies to future computer science teachers. *Cloud Technologies in Education*. 2019. Vol. 2643.

URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2643/paper35.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
(індексується у Scopus).

44. Balyk N., Oleksiuk V., Halas A. Development a computer network user support tool. *2nd Student Workshop on Computer Science & Software Engineering*. 2019. Vol. 2546. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2546/paper11.pdf> (Last accessed: 02.12.2022) *(індексується у Scopus)*.

45. Oliinyk B., Oleksiuk V. Automation in software testing, can we automate anything we want? *2nd Student Workshop on Computer Science & Software Engineering*. 2019. Vol. 2546. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2546/paper16.pdf> (Last accessed: 02.12.2022) *(індексується у Scopus)*.

46. The Group Methodology of Using Cloud Technologies in the Training of Future Computer Science Teachers. / Spirin O. et al. *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2018. Vol. 2104. P. 294-304. URL: https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_154.pdf (Last accessed: 02.12.2022) *(індексується у Scopus)*.

47. Model of Professional Retraining of Teachers Based on the Development of STEM Competencies. / Balyk N. et al. *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2018. Vol. 2104. P.318-331. https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_157.pdf (Last accessed: 02.12.2022) *(індексується у Scopus)*.

48. Oleksiuk V., Oleksiuk O., Berezitskyi M. Planning and Implementation of the Project "Cloud Services to Each School". *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2017. Vol. P. 372-379. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-1844/10000372.pdf> (Last accessed: 02.12.2022) *(індексується у Scopus)*.

49. Balyk N., Oleksiuk V., Shmyger G. Development of E-Learning Quality Assessment Model in Pedagogical University. *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2017. Vol. 1844. P. 440-450. <https://ceur-ws.org/Vol-1844/10000440.pdf> (Last accessed: 02.12.2022) *(індексується у Scopus)*.

50. Nosenko Yu., Shyshkina M., Oleksiuk V. Collaboration between Research Institutions and University Sector Using Cloud-based Environment. *ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2016. Vol. 1614. P. 656-671. https://ceur-ws.org/Vol-1614/paper_84.pdf (Last accessed: 02.12.2022) (*індексується у Scopus*).

Посібники

51. Олексюк В. П. Основи хмарних технологій. Тернопіль: Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти, 2018. 156 с.

52. Рамський Ю. С., Олексюк В. П., Балик А. В. Адміністрування комп'ютерних мереж і систем. Тернопіль: ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2010. 180 с. (*Рекомендовано МОН України*).

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації

Статті у наукових виданнях інших держав

53. Oleksiuk V., Oleksiuk O., Vakaliuk T. An Experiment on the Implementation the Methodology of Teaching Cloud Technologies to Future Computer Science Teachers. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology*. 2022. Vol. 1. P. 590-604. DOI: <https://doi.org/10.5220/0010926400003364>.

54. Oleksiuk V., Oleksiuk O. Assessing Augmented Reality Possibilities in the Study of School Computer Science. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology* 2022. Vol. 2. P. 5-19. DOI: <https://doi.org/10.5220/0010927900003364>.

55. Cloud Labs as a Tool for Learning Cisco CyberSecurity Operations and DevNet Associate Fundamentals Courses. / Balyk N. et al. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology*. 2022. Vol. 1. P. 308-318. DOI: <https://doi.org/10.5220/0010924000003364>.

56. Digital Educational Environment of Teachers' Professional Training in Pedagogical University. / Balyk N. et al. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology*. 2022. Vol. 1. P. 154-166. DOI: <https://doi.org/10.5220/0010922100003364>.

57. Selection Cloud-oriented Learning Technologies for the Formation of Professional Competencies of Bachelors Majoring in Statistics and General Methodology of Their Use. / Vakaliuk T. et al. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology*. 2022. Vol. 1. P. 132-141. DOI: <https://doi.org/10.5220/0010921900003364>.

Тези доповідей у матеріалах конференцій

58. Олексюк В. П. Модель хмаро орієнтовного середовища навчання майбутніх учителів інформатики. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. X міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль, 10–11 лист. 2022 р. Тернопіль, 2022. С. 158-161.

59. Олексюк В. П. Платформа Google Workspace for Education як хмаро орієнтована система управління навчанням у закладах вищої освіти. *Інновації в сучасній освіті : український та світовий контекст* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 09–10 черв., 2022 р. Тернопіль 2022. С. 38-40.

60. Олексюк В. П. Деякі особливості трансформації електронного навчання у період пандемії COVID-19. *Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності* : зб. матер. XII наук.-практ. конф. з міжнар. участю, м. Київ, 2 лист. 2021 р. Київ, 2021. С. 97-99.

61. Олексюк В. П. Сервіс Mendeley Data як засіб оприлюднення експериментальних даних у науково-педагогічних дослідженнях. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2022)* : зб. матер. VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Черкаси, 23–25 червня 2022 р. Черкаси, 2022. С. 98-100.

62. Олексюк В. П. OpenAIRE як інструмент відкритої науки. *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України* : зб. матер., м. Київ, 10 лютого 2022 р. Київ, 2022. С. 52-55.

63. Олексюк В. П. Особливості розвитку інформаційно-дослідницької компетентності магістрів середньої освіти у галузі інформатики. *Звітна науково-практична конференція Інституту інформаційних технологій та засобів навчання НАПН України* : зб. матер., м. Київ, 11 лютого 2021 р. Київ, 2021. С. 151-161.

64. Олексюк В. П., Лещук С. О. Можливості курсу Cisco DevNet Associate для забезпечення вибірковості освітніх програм підготовки майбутніх учителів інформатики. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. VII міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 8 квітня, 2021. м. Тернопіль. 2021. С. 162-164.

65. Смолин О. І., Олексюк В. П. Розумне навчальне середовище як складник сучасного освітнього простору. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. VI міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 8 лист., 2020. м. Тернопіль, 2020. С. 51-53.

66. Олексюк В. П., Василенко Я. П. Огляд масових відкритих курсів для навчання комп'ютерних мереж. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. V міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 30 квітня, 2020. м. Тернопіль. 2020. С. 65-67.

67. Смолин О. І., Олексюк В. П. Інтернет речей як технологічний феномен XXI століття. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. V міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 30 квітня, 2020. м. Тернопіль. 2020. С. 147-149.

68. Околіта М. В., Олексюк В. П. Деякі аспекти використання хмарних технологій у процесі вивчення інформатики у 10–11 класах закладів середньої освіти. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. IV міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 7-8 лист., 2019. м. Тернопіль. 2019. С. 172-175.

69. Олексюк В. П. Застосування академічної хмари для моделювання процесів мережної взаємодії у навчанні майбутніх учителів інформатики.

Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи : зб. матер. II міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 8-9 лист, 2018. м. Тернопіль. 2018. С. 121-124.

70. Олексюк В. П. Моделювання складених мереж у віртуальній хмарній лабораторії, побудованій на основі Apache Cloudstack та EVE-NG. *Foss Lviv-2018* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. м. Львів, 26–28 квітня 2018 р., Львів. 2018. С. 58-61.

71. Олексюк В. П. Організаційно-педагогічні аспекти використання хмарної платформи Apache Cloudstack у навчальному процесі. *Foss Lviv-2017* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. м. Львів, 27–30 квітня 2017 р., Львів. 2017. С. 67-70.

72. Олексюк В. П. Психолого-педагогічні аспекти застосування віртуальних хмарних лабораторій у навчанні майбутніх учителів інформатики. *Збірник матеріалів науково-практичної конференції «Психологічна культура вчителя в контексті викликів сучасності»*, (Тернопіль, 05 квітня 2017). Тернопіль: ТОКІШПО.

73. Олексюк В. П., Абрамик М. В., Дидактичні аспекти використання хмарних сервісів G Suite у навчальному процесі. *STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес*: матеріали I регіон. наук.-практ. вебконф., м. Тернопіль, 24 травня 2017 р. Тернопіль, 2017. С.126-130.

74. Балик Н. Р., Олексюк В. П., Березіцький М. М. Методичні аспекти використання масових відкритих онлайн-курсів у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. *Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі*: матеріали Всеукр.наук.-практ. конф., м. Київ, 10 жовтня 2017 р. Київ. 2017. С. 13-14.

75. Балик Н. Р., Олексюк В. П., Лещук С. О. Інноваційні напрями науково-педагогічної діяльності кафедри інформатики та методики її викладання ТНПУ імені Володимира Гнатюка. *Теорія і практика використання інформаційних технологій в навчальному процесі* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 30 трав. 2017 р. 2017. С. 17–19.

76. Особливості підготовки майбутніх учителів інформатики до застосування хмарних технологій. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*: матеріали Міжн. . наук.-практ. інтернет конф., м. Тернопіль, 8–9 листопада, 2017 р., 2017. С. 75-79.

77. Олексюк В. П. Досвід проектування складених мереж у академічній хмарі, розгорнутій на основі Apache Cloudstack. *Foss Lviv-2016* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. м. Львів, 19–22 квітня 2016 р., Львів. 2016. С. 90-94.

78. Олексюк В. П. Застосування віртуальних хмарних лабораторій у навчальному процесі: психологічний аспект. *Віртуальний освітній простір: психологічні проблеми*. Зб. матер. IV міжн. наук.-практ. інтер.-конф., м. Київ, 12–31 травня 2016 р. Київ. 2016. С. 74-77.

79. Олексюк В. П. Досвід інтеграції LMS MOODLE з хмарними сервісами Google Apps та Microsoft Office 365. *MoodleMoot Ukraine 2016. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle*. Зб. матер. IV міжн. наук.-практ. конф. м. Київ, 11–20 травня 2016 р. Київ. 2016. URL: <https://2016.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=96> (Дата звернення 02.12.2022).

80. Олексюк В. П. Прикладні аспекти використання складених мереж у хмарній інфраструктурі, розгорнутій на основі платформи Apache Cloudstack. *Звітна науково-практична конференція Інституту інформаційних технологій та засобів навчання освіти НАПН України*. : зб. матер., м. Київ, 21 березня 2016 р. Київ, 2016. С. 117-119.

81. Олексюк В. П. Організаційно-технічні аспекти розгортання корпоративної хмари як складової ІТ-інфраструктури ВНЗ. *Foss Lviv-2014* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. м. Львів, 18 лютого 2014 р., Львів. 2014. С. 67-71.

Методичні рекомендації

82. Розгортання та використання єдиної цифрової хмаро орієнтованої системи управління навчанням магістрів і PhD у галузях освіти/педагогіки, соціальних та поведінкових наук: методичні рекомендації. / Спірін О. М., та ін; за заг. ред. О. М. Спіріна; НАПН України; Ун-т менедж. освіти. Київ, 2022. 82 с.

83. Галан В. І., Олексюк В. П. Комп'ютерна практика. Навчально-методичні рекомендації. Тернопіль: ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2016. 24 с.

ЗМІСТ

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| АНОТАЦІЯ..... | 2 |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ..... | 28 |
| ВСТУП..... | 29 |
| РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ХМАРО ОРІЄНТОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ | 43 |
| 1.1. Роль хмарних технологій у цифровій трансформації суспільства та освіти..... | 43 |
| 1.2. Аналіз поняттєвого апарату дослідження..... | 56 |
| 1.3. Вітчизняний та зарубіжний досвід підготовки вчителів інформатики до застосування хмарних технологій..... | 69 |
| 1.4. Психолого-педагогічні засади застосування хмаро орієнтованих середовищ у закладах вищої освіти | 93 |
| 1.4.1. Психологічні особливості діяльності у хмаро орієнтованому середовищі навчання..... | 93 |
| 1.4.2. Синергетичний підхід як основа взаємодії учасників освітнього процесу | 97 |
| 1.4.3. Масові відкриті онлайн-курси як форма надання освітніх ресурсів . | 107 |
| Висновки до розділу 1 | 120 |
| РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ХМАРО ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ..... | 122 |
| 2.1. Загальна методика дослідження проблеми..... | 122 |
| 2.2. Моделювання хмаро орієнтовного середовища навчання майбутніх учителів інформатики | 129 |
| 2.2.1. Концептуальна модель..... | 130 |
| 2.2.2. Дидактична модель | 139 |
| 2.2.3. Сервісна модель..... | 143 |
| 2.2.4. Модель адміністрування | 153 |
| 2.3. Критерії добору цифрових платформ хмаро орієнтовного середовища навчання майбутніх учителів інформатики | 160 |
| Висновки до розділу 2 | 162 |
| РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЇ АДМІНІСТРУВАННЯ ХМАРО ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ | 164 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.1. Єдина система автентифікації користувачів хмаро орієнтованого середовища навчання | 164 |
| 3.2. Адміністрування платформ Google Workspace та Microsoft 365 | 174 |
| 3.2. Інтеграція хмарних сервісів Google Workspace та Microsoft 365 | 193 |
| 3.4. Платформи Apache Cloudstack та Proxmox VE як складники хмаро орієнтованого середовища навчання | 206 |
| 3.5. Супровід та обслуговування платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE 226 | |
| Висновки до розділу 3 | 241 |
| РОЗДІЛ 4. МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ВИКОРИСТАННЯ ХМАРО ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ..... | 244 |
| 4.1. Компоненти методичної системи використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики | 244 |
| 4.2. Використання хмаро орієнтованого середовища навчання на бакалаврському рівні підготовки майбутніх учителів інформатики..... | 250 |
| 4.2.1. Методика використання хмарної лабораторії CL-OS в процесі навчання операційної системі Linux | 250 |
| 4.2.2. Методика використання ХОСН для організації групової та проєктної діяльності..... | 262 |
| 4.2.3. Використання хмарних лабораторій за методикою комбінованого навчання комп'ютерних мереж | 273 |
| 4.3. Методика використання ХОСН на магістерському рівні підготовки майбутніх учителів інформатики | 289 |
| 4.3.1. Зміст і методика навчання курсу «Основи хмарних технологій» | 289 |
| 4.3.2. Підготовка майбутніх учителів інформатики до розроблення хмарних сервісів..... | 298 |
| 4.3.3. Методика використання хмарної лабораторії в навчанні основ кібербезпеки | 315 |
| 4.3.4. Використання ХОСН у процесі вивчення електронних систем відкритого доступу..... | 333 |
| Висновки до розділу 4 | 348 |
| РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ | 350 |
| 5.1. Експеримент щодо оцінювання технологій адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики | 350 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.1.1. Вимірювання продуктивності хмарних платформ | 350 |
| 5.1.2. Експертне оцінювання ефективності методики адміністрування сервісів Google Workspace for Education..... | 355 |
| 5.2. Верифікація ефективності методичної системивикористання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики | 364 |
| 5.2.1. Бакалаврський рівень | 364 |
| 5.2.2. Магістерський освітньо-професійний рівень | 384 |
| Висновки до розділу 5 | 394 |
| ВИСНОВКИ | 396 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 400 |
| ДОДАТКИ | 452 |
| Додаток А | 452 |
| Додаток Б..... | 474 |
| Додаток В | 478 |
| Додаток Г | 498 |
| Додаток Ґ | 500 |
| Додаток Д | 505 |
| Додаток Е..... | 509 |
| Додаток Є | 511 |
| Додаток Ж..... | 517 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВМ – віртуальна машина

ЗВО – заклад вищої освіти

ЗЗСО – заклад загальної середньої освіти;

ЕНК – електронний навчальний курс

ЕОР – електронні освітні ресурси

ЄС – Європейський Союз

ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології

ІОС – інформаційно-освітнє середовище

МОН – Міністерство освіти і науки України

НБД – наукометрична база даних

МВОК – масові відкриті онлайн-курси

НПП – науково-педагогічний працівник

ОПП – освітньо-професійна програма

ОНП – освітньо-наукова програма

СУН – система управління навчанням

ХОСН – хмаро орієнтоване середовище навчання

Covid-19 – коронавірусна хвороба 2019

DigComp – Digital Competence Framework for Citizens (рамка цифрових компетентностей громадян)

JISC – Joint Information Systems Committee (спільний комітет з інформаційних систем)

LMS – Learning Management Systems (система управління навчанням, СУН)

MOOC – Massive Open Online Course (масові відкриті онлайн-курси)

IaaS – Infrastructure as a Service (інфраструктура як послуга)

PaaS – Platform as a Service (інфраструктура як послуга)

SaaS – Software as a Service (програмне забезпечення як послуга)

WoS – Web of Science (наукометрична база даних)

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Україна потребує змін. На жаль, ці зміни потрібно здійснювати під час війни за Незалежність на тлі значних політичних, безпекових, економічних, соціальних, гуманітарних потрясінь. Проте напрям і зміст цих змін є підтвердженням цивілізаційного вибору української нації.

Поряд з оборонним сектором, економікою, наукою і культурою реформування потребує й галузь освіти, на яку також мають вплив загально-цивілізаційні процеси глобальної інтеграції. Зміни в системі вищої освіти України, безперечно, пов'язані з поширенням ідей інтеграції навчальних систем різних країн, зі змінами в стратегіях процесу підготовки майбутніх фахівців, з необхідністю розроблення нових науково-методичних, психолого-педагогічних, соціально-культурних підходів щодо його організації та здійснення.

Пріоритетним напрямом розвитку освіти впродовж двох десятиліть є впровадження цифрових технологій, що забезпечують подальше вдосконалення процесу навчання, доступність та ефективність освіти, підготовку до діяльності в цифровому суспільстві знань. Значні темпи інформатизації суспільства вимагають формування в майбутніх фахівців постійної готовності до навчання протягом життя, здатності до оновлення власних знань протягом короткого часу та вдосконалення власних компетентностей.

Глобалізація суспільного життя, зокрема й системи освіти, призводить до того, що реалізація засадничих положень про її відкритість, повсюдність, безперервність стає життєвою необхідністю. До того ж особливої ваги набувають цифрові технології, які концептуально, технологічно та організаційно забезпечують можливості реалізації цих положень.

Питання цифрової трансформації суспільного життя в Україні неодноразово було обумовлено на законодавчому рівні – у законах України «Про Концепцію Національної програми інформатизації», «Про національну програму інформатизації», «Про інноваційну діяльність», «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», «Про затвердження національного плану щодо відкритої науки», у постановах Кабінету Міністрів України, зокрема що

стосуються Міністерства цифрової трансформації; у постановах і розпорядженнях згаданого міністерства.

Відповідно за останні роки органами виконавчої влади створено умови для розроблення та широкого впровадження значної кількості сервісів, які передбачають надання відкритого доступу до широкого кола даних, що стосуються життя українського суспільства. Вони покликані реалізувати концепцію «держава в смартфоні». Тенденції відкритості та прозорості є важливими стосовно інтеграції нашої держави у світовий освітній та науковий простір. У цьому аспекті затребуваними залишаються подальші теоретичні обґрунтування та розроблення методик впровадження та застосування систем відкритого доступу до навчальних ресурсів і результатів наукової діяльності. Відповідні завдання обумовлено в стратегічних завданнях виконавчої влади. У 2020 році український уряд затвердив стратегію розвитку вищої освіти на період до 2030 року, яка, серед іншого, передбачає створення сприятливих умов для розвитку науково-дослідницької діяльності та впровадження цифрових технологій у навчальний процес [119]. Згодом у 2021 році було прийнято концепцію розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації. У ній зазначено, що формування та розвиток цифрових компетентностей громадян здійснюється шляхом здобуття цифрової освіти з використанням інформаційних ресурсів, нових освітніх технологій і цифрових освітніх ресурсів [118].

Затребуваність зазначених стратегій зумовлена євроінтеграційними процесами нашої держави та відповідають відповідним документам ЄС. Серед них варто виділити план дій у сфері цифрової освіти (Digital Education Action Plan), що є комплексною стратегією, започаткованою Європейською комісією для покращення використання цифрових технологій в європейських системах освіти [222]. План має на меті створити основу для модернізації систем освіти, покращення цифрових компетенцій і сприяння використанню інноваційних цифрових інструментів і ресурсів у навчанні. З цією метою в стратегії обумовлено цілі, що мають вплив на процеси підготовки майбутніх і

перепідготовки наявних учителів-практиків. До них належать:

- підтримка розвитку цифрових компетентностей серед учителів та викладачів;
- сприяння використанню інноваційних педагогічних підходів;
- подолання гендерного розриву в STEM-освіті;
- посилення співпраці між освітянами та промисловістю.

Розвиток цифрових компетентностей учителів країн ЄС передбачений у рамковому документі Європейської комісії DigCompEdu (European Framework for the Digital Competence of Educators) [221]. Документ розроблено з метою інформування суспільства про розроблення навчальних програм для викладачів і забезпечення інтеграції цифрових технологій у процеси викладання та навчання.

Серед цифрових технологій, які можна застосовувати для забезпечення відкритості процесу підготовки фахівців, важлива роль належить хмарним обчисленням. Аналізуючи можливості впровадження цифрових засобів у освітній процес вищої школи, доцільним вбачається першочергове їх вивчення й застосування фахівцями в галузі інформаційних технологій. У галузі загальної середньої освіти такими фахівцями, поза сумнівом, є учителі інформатики. З огляду на це впровадження хмарних технологій сприяє розв'язанню проблеми щодо їх якісного впливу на зміст, методи та організаційні форми навчання, які, своєю чергою, створюють умови для удосконалення процесу підготовки майбутніх учителів інформатики.

Отже, актуальність наукових досліджень, які стосуються обґрунтування та розроблення методик застосування хмарних технологій і середовищ навчання, спроектованих на їх основі, у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики, зумовлено вимогами сучасної теорії та методики навчання у вищій школі.

Теоретичні аспекти цифрової трансформації освіти, зокрема розроблення та застосування комп'ютерно орієнтованих засобів навчання, досліджено в працях В. Ю. Бикова, О. Ю. Булова, О. Г. Глазунової, А. М. Гуржія, М. І. Жалдака, О. Г. Кузьмінської, В. М. Кухаренка, Н. В. Морзе, Л. Ф. Панченко, С. А. Ракова,

Ю. С. Рамського, С. О. Семерікова, Є. М. Смирнової-Трибульської, О. В. Співаковського, Ю. В. Триуса та інших.

Проблеми створення і впровадження методичних систем підготовки майбутніх учителів інформатики відображено в працях Н. Р. Балик, М. І. Жалдака, Н. В. Морзе, Ю. С. Рамського, З. С. Сейдаметової, В.П. Сергієнка, С. О. Семерікова, О. М. Спіріна, Ю. В. Триуса, В. М. Франчука та інших.

Проблемам застосування технологій хмарних обчислень у освіті присвячено низку робіт вітчизняних і зарубіжних науковців: В. Ю. Бикова, Т. А. Вакалюк, М. В. Мар'єнко, С. Г. Литвинової, Н. В. Морзе, Ю. Г. Носенко, В. В. Осадчого, К. П. Осадчої, З. С. Сейдаметової, О. М. Спіріна, М. П. Шишкіної, Б. Гірша (В. Hirsch), А. Лабус (A. Labus) М. Мірцеї (M. Mircea), В. Роя (W. Roy), Х. Вонга (H. Wang), С. Йогоями (S. Yokoama) та інших.

Аналіз фундаментальних наукових праць, а також можливостей застосування хмарних технологій для організації навчально-пізнавальної та науково-дослідницької діяльності майбутніх учителів інформатики дають змогу виявити протиріччя:

- між суспільною обумовленістю цифрової трансформації освіти та недостатньою ефективністю процесу впровадження технологій хмарних обчислень у практику діяльності педагогічних ЗВО;
- між можливостями технологій хмарних обчислень щодо забезпечення загальнодоступності та відкритості навчальних ресурсів і браком розроблених теоретико-методичних засад щодо їх розгортання й адміністрування в практиці діяльності ЗВО;
- між наявними пропозиціями світових вендорів щодо надання закладам освіти доступу до хмарних платформ і рівнем ресурсних затрат на супровід ІТ-інфраструктур вітчизняних ЗВО;
- між потребою в інтеграції традиційних і хмарних сервісів як складників цифрових середовищ закладів освіти та наявними технологіями їх адміністрування;

- між об'єктивною необхідністю розвитку фахових компетентностей студентів щодо розгортання, створення та застосування хмаро орієнтованого середовища навчання (ХОСН) і недостатньою розробленістю відповідного навчально-методичного забезпечення для підготовки майбутніх учителів інформатики.

Подолання цих суперечностей **потребує розв'язання суспільно значущої проблеми дослідження**, яка полягає в необхідності розроблення й обґрунтування теоретичних і методичних засад впровадження і застосування хмаро орієнтованих середовищ навчання з метою формування соціально затребуваного та компетентного фахівця – учителя інформатики.

Розв'язання зазначених проблем також пов'язане з необхідністю теоретичного обґрунтування, розроблення та апробації методики підготовки здобувачів освіти спеціальності «014.09 Середня освіта (Інформатика)» до застосування хмарних технологій у їх майбутній професійній діяльності. Основою зазначеної системи може стати підхід, який полягає в систематичному застосуванні хмаро орієнтованого середовища як дієвої моделі організації хмарних сервісів закладу освіти.

З урахуванням виявлених суперечностей і наявності науково-практичних потреб у їх розв'язанні було обрано тему дисертаційної роботи – *«Теоретико-методичні основи проєктування, адміністрування та використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики»*.

Мета дослідження: спроектувати, розробити технології адміністрування та методичну систему використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики.

Відповідно до мети сформульовано **основні завдання** дослідження:

1) Проаналізувати поняттєво-термінологічний апарат щодо застосування технологій хмарних обчислень в освітній галузі, вивчити досвід підготовки вчителів інформатики у вітчизняних і зарубіжних ЗВО з використанням цих технологій.

2) Спроектувати моделі хмаро орієнтованого середовища навчання

майбутніх учителів інформатики, визначити критерії добору його складників.

3) Розробити технології адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання у закладах вищої освіти.

4) Розробити методичну систему та описати методики використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики.

5) Експериментально перевірити ефективність розроблених технологій адміністрування та методичної системи використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики.

Об'єкт дослідження – процес підготовки майбутніх учителів інформатики на рівнях бакалавра та магістра.

Предмет – теоретичні та методичні засади проектування, адміністрування та використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики.

Концепція дослідження. *Провідна ідея дослідження* полягає в тому, що хмаро орієнтоване середовище є важливим компонентом у системі цифрових засобів навчання, які можуть трансформувати процес підготовки майбутніх учителів інформатики щодо урізноманітнення форм навчання, створення умов для забезпечення самостійної пізнавальної діяльності, організації спільної проєктної та дослідницької роботи. За умови належного теоретичного обґрунтування та практичного апробування середовище можна застосовувати як інструмент реалізації провідних філософських і педагогічних підходів, зокрема системного, синергетичного, діяльнісного, особистісно-орієнтованого, компетентнісного. Концепція дослідження включає три взаємопов'язані концепти, які сприяють реалізації головної ідеї дослідження: теоретико-методологічний, технологічний та методичний.

Теоретико-методологічну основу дослідження проблеми становлять: законодавство України [119], [118], [114], [116] рамкові й програмні документи Європейського Союзу, що стосуються цифрової трансформації освіти [222], [221], [276], [208] концептуальні положення цифрової трансформації суспільства й освіти (В. Биков [9], [17], О. Пінчук [354], Ю. Рамський [123], Д. Белл (D. Bell)

[185], Ж. ван Дайк (J. van Dijk) [413], М. Кастельс (M. Castells) [195] та ін.), розвитку концепцій відкритої освіти (В. Биков [10], В. Кремінь [42], М. Лещенко [45], О. Овчарук [347], Т. Ійосі (T. Iiyoshi) [271] та ін.), психолого-педагогічних засад навчання в ЗВО, зокрема синергетичного, діяльнісного, компетентнісного, конективістського підходів до навчання (О. Буров [19], О. Панфілов [110], Ю. Сердюк [121], М. Смульсон [137], Г. Сіменс (G. Siemens) [386] та ін.); проєктування і застосування електронних освітніх середовищ (В. Биков [15], Т. Вакалюк [20], О. Глазунова [29], С. Литвинова [47], В. Осадчий [96], О. Пінчук [112], О. Спирін [143], М. Шишкіна [156], М. Ніколс (M. Nichols) [325] та ін.); використання хмарних технологій як засобу організації навчально-пізнавальної (Т. Вакалюк [21], О. Глазунова [27], С. Литвинова [50], Ю. Носенко [64], В. Осадчий [345], Л. Панченко [349], С. Семеріков [305], З. Сейдаметова [131], М. Шишкіна [383], Д. Танк (D. Tank) [397], К. Браво (C. Bravo) [161] та ін.) та науково-дослідницької діяльності (С. Іванова [38], О. Кузьмінська [43], В. Коваленко [41], Л. Лупаренко [52], М. Мар'єнко [22], О. Спирін [144], А. Яцишин [158] та ін.); розроблення методик підготовки майбутніх учителів інформатики (О. Барна [7], Н. Балик [57], О. Колгатін [290], М. Жалдак [35], Н. Морзе [58], Ю. Рамський [125], С. Семеріков [133], А. Стрюк [151], О. Спирін [140], В. Франчук [332] та ін.).

Для розв'язання поставлених завдань доцільно використати такі **методи досліджень**:

– теоретичні: системного аналізу філософських, педагогічних й загальнонаукових джерел для з'ясування стану розробленості проблеми підготовки майбутніх учителів інформатики, застосування технологій хмарних обчислень та систем відкритого доступу у галузі освіти, визначення сутності базових понять даного дослідження; узагальнення, синтез теоретичних положень з метою розроблення концепції та визначення теоретико-методологічних засад дослідження; аналіз педагогічної, філософської й управлінської наукової літератури для виокремлення засад використання відкритого та повсюдного доступу в навчанні студентів; моделювання для побудови сукупності моделей

освітніх процесів та інформаційних систем, які доцільно застосовувати в навчанні; порівняльного аналізу для визначення найважливіших можливостей хмарних технологій у навчанні студентів, майбутніх учителів інформатики;

– емпіричні: спостереження, анкетування, експертного оцінювання, самооцінювання, аналіз документів для визначення якості здійснення навчально-пізнавальності, науково-дослідницької та організаційно-педагогічної діяльності;

– статистичні: описова статистика освітніх процесів, перевірка статистичних гіпотез для обробки отриманих у ході дослідження даних; дисперсійний аналіз для виявлення статистично значущих відмінностей у процесі підготовки різних груп здобувачів.

Наукова новизна та теоретичне значення отриманих результатів полягають у тому, що *вперше*:

- теоретично обґрунтовано та спроектовано концептуальну, дидактичну, сервісну моделі та модель адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики;
- розроблено методичну систему використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики, що містить мету, зміст, методи, засоби, форми та очікувані результати її запровадження;
- обґрунтовано дидактичні (забезпечення повсюдної навчальної діяльності студентів, інваріантність вивчення реальних та віртуальних об'єктів, забезпечення взаємодії між здобувачами, моніторинг та контроль їх діяльності з боку викладача, відповідність різним моделям розгортання хмарних технологій, перспективність розвитку та оновлення платформ) та технологічні (доступність, легальність, функціональність, захищеність, гнучкість налаштувань платформ) критерії добору складників хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики;
- розроблено змістовий і діяльнісний складники фахових компетентностей здобувачів освіти за спеціальністю «014.09 Середня освіта (інформатика)» щодо розгортання хмарних сервісів і платформ;

уточнено:

- поняття «хмаро орієнтоване середовище навчання майбутніх учителів інформатики» як систему цифрових засобів (апаратних, комунікаційних, віртуалізованих), що функціонують відповідно до принципів хмарних обчислень і забезпечують повсюдний доступ здобувачів до інформаційних, обчислювальних ресурсів, задля досягнення програмних результатів підготовки майбутнього вчителя інформатики;
- поняття «адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики» як комплексу заходів щодо проєктування, розгортання, налаштування, управління та обслуговування його складників (сервісів, платформ, інфраструктур), міграції та/або інтеграції локальної ІТ-інфраструктури в хмару, а також супроводу діяльності в ньому здобувачів освіти;
- поняття «хмарна лабораторія» як цифрова система, у якій завдяки віртуалізації та вебінтерфейсу формуються мережні віртуальні об'єкти, що відповідають реальним комп'ютерним системам;
- змістовий і діяльнісний складники фахових компетентностей учителя інформатики на рівні бакалавра щодо використання технологій хмарних обчислень як засобу організації навчальної діяльності;

удосконалено: змістове наповнення та операційний компонент освітніх програм, навчальних дисциплін підготовки майбутніх учителів інформатики щодо використання технологій хмарних обчислень у навчальній та професійній діяльності;

подальшого розвитку дістали: теоретико-методичні засади проєктування та створення комп'ютерно орієнтованих середовищ навчання, в частині, що стосується хмаро орієнтованих середовищ навчання; теорія і методика навчання інформатичних дисциплін та інформаційно-комунікаційних технологій у вищій школі, зокрема, що стосуються процесу підготовки майбутніх учителів інформатики.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що

- визначено процедуру розгортання та розроблено технології

адміністрування хмаро орієнтованого освітнього середовища навчання майбутніх учителів інформатики;

- розроблено методики використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики, що здобувають освіту на бакалаврському та магістерському рівнях за спеціальністю «014.09 Середня освіта (Інформатика)»: методика використання хмарної лабораторії в процесі вивчення курсу «Операційні системи»; методика використання ХОСН для організації групової діяльності здобувачів у процесі проходження ними комп'ютерної практики; методика використання ХОСН у навчанні комп'ютерних мереж, методика використання хмарної лабораторії в навчанні основ кібербезпеки; методика використання ХОСН у процесі вивчення електронних систем відкритого доступу;
- розроблено методичку підготовки здобувачів магістерського рівня за спеціальністю «014.09 Середня освіта (Інформатика)» до розгортання та науково-методичного супроводу хмаро орієнтованих середовищ закладів освіти (дисципліна «Основи хмарних технологій» та окремі складники курсу «Основи наукових досліджень»);
- розроблено методичні рекомендації «Розгортання та використання єдиної цифрової хмаро орієнтованої системи управління навчанням магістрів і PhD у галузях освіти / педагогіки, соціальних та поведінкових наук» для адміністраторів хмаро орієнтованих систем навчання ЗВО, навчальні посібники «Основи хмарних технологій», «Адміністрування комп'ютерних мереж і систем» для студентів ЗВО, що здобувають освіту за спеціальністю «014.09 Середня освіта (Інформатика)» та учителів інформатики;
- укладено програму підвищення кваліфікації вчителів «Розгортання й адміністрування хмарних сервісів Google Workspace у ЗЗСО» (<https://ippo.edu.te.ua/teaching/pidvishhennya-kvalifikacii/osvitni-programi-2021>).

Дослідження проводилося у межах діяльності спільної науково-дослідної лабораторії з питань застосування хмарних технологій в освіті Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка й Інституту цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України, що забезпечило поєднання його наукового та прикладного складників. Матеріали дисертації може бути використано в навчальному процесі закладів вищої педагогічної та післядипломної освіти, у процесі навчання майбутніх і підвищення кваліфікації й перепідготовки практикуючих учителів інформатики.

Упровадження результатів дослідження. Результати дослідження впроваджено в навчальний процес (Додаток Ж): Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (довідка № 334/33-03 від 18.04.2023 р.), Дрогобицького державного педагогічного університету (довідка № 433 від 12.04.2023 р.), Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії імені Тараса Шевченка (довідка № 05-16/134 від 09.03.2023 р.), Криворізького державного педагогічного університету (довідка № 08-255/3 від 13.04.2023 р.), Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (довідка № 552/01 від 27.04.2023 р.), Житомирського державного університету імені Івана Франка (довідка № 402/01 від 06.04.2023 р.), ДЗВО «Університет менеджменту освіти» (довідка № 01-02/206 від 05.04.2023 р.), Тернопільського обласного комунального інституту післядипломної педагогічної освіти (довідка № 04-02/345 від 11.04.2023 р.).

Особистий внесок здобувача. У працях, опублікованих у співавторстві, автору належать: у посібнику [2] написано розділи 1-5, 8; у посібнику [26] – розділи 2, 4, 5, 7. У статтях, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать: концепція проведення дослідження [1, 186, 69, 88, 74, 3, 431, 130, 333, 335, 338, 135, 65, 341, 430, 182, 388], узагальнення, систематизація досвіду підготовки майбутніх учителів інформатики [129, 128, 267, 173, 181, 267, 393, 391, 180, 174, 176, 136, 6], розроблення технологій адміністрування хмарних сервісів і платформ [339, 175]; обґрунтування та проєктування моделей хмаро орієнтованого середовища [126, 340, 411, 179, 388, 327]; визначення змісту

технічних і педагогічних експериментів, статистичне опрацювання та аналіз їх результатів [339, 340, 334, 387, 388]. Автору належать визначення понять «хмаро орієнтоване середовище навчання майбутніх учителів інформатики», «адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання» та «хмарна лабораторія».

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи обговорювали на засіданнях науково-методичних семінарів кафедри інформатики та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету (2012–2023 рр.), кафедри інформаційних технологій та методики навчання інформатики Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії імені Тараса Шевченка (2019–2023 рр.), кафедри інформатики і інформаційно-комунікаційних технологій Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (2020–2023 рр.), спільної науково-дослідної лабораторії з питань застосування хмарних технологій в освіті Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка й Інституту цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України (2013–2023 рр.), центру інформатики, ІКТ та дистанційної освіти Тернопільського обласного комунального інституту післядипломної педагогічної освіти (2016–2023 рр.). Основні результати дисертаційного дослідження було оприлюднено та обговорено на науково-практичних конференціях різного рівня: *міжнародних* – The Workshop on Cloud Technologies in Education (м. Кривий Ріг, 2019–2022); V Міжнародній науково-практичній конференції «MoodleMootUkraine 2017: теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle» (м. Київ, 2017); ICSHTML 2020: Міжнародній конференції з історії, теорії та методики навчання (м. Кривий Ріг, 2020); XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2020, 2022, м. Кривий Ріг, 2020, 2022); The 3rd International Workshop on Augmented Reality in Education (м. Кривий Ріг, 2020); 2nd Computer Science & Software Engineering Student Workshop (м. Кривий Ріг, 2019), конференції FOSS Lviv (м. Львів, 2015-2018), Symposium on Advances in Educational Technology (Київ, 2020–

2021), конференції «ICT in Education, Research, and Industrial Applications» ICTERI (м. Київ, Херсон, Харків, 2016–2021); конференції «Теоретичні та практичні аспекти дистанційного навчання – інноваційні освітні технології, засоби та методи електронного навчання» (м. Катовіце, Польща, 2019–2021), міжнародній конференції «Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи» (м. Тернопіль, 2017–2022), міжнародної науково-практичної конференції «Інновації в сучасній освіті: український та світовий контекст» (м. Тернопіль, 2022); IV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Віртуальний освітній простір: психологічні проблеми» (м. Київ, 2016); *всеукраїнських* – науково-практичної конференції з міжнародною участю «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» (м. Київ, 2021–2022); науково-практичної конференції «Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі» (м. Київ, 2017), науково-практичної конференції з міжнародною участю «Психологічна культура вчителя в контексті викликів сучасності» (м. Тернопіль, 2017), IV науково-технічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології» (м. Тернопіль, 2014), Звітній науково-практичній конференції Інституту цифровізації освіти НАПН України (м. Київ, 2018–2023).

Наукові положення та результати кандидатської дисертації «Методичні основи застосування навчальних мережних комплексів у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики» у докторській дисертації не використані.

Публікації. Основні результати дослідження відображено у 83 працях, із яких 28 – одноосібні; 2 навчальних посібники (один у співавторстві з грифом МОН України), 2 методичні рекомендації у співавторстві; 27 статей опубліковано в наукових фахових виданнях України, з них 8 – у виданнях, які внесено до міжнародних наукометричних баз; 22 статті опубліковано в зарубіжних наукових виданнях, які внесено до міжнародних наукометричних баз.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів і висновків до них, загальних висновків, списку використаних джерел (433 найменувань, серед яких 273 –

англійською мовою), 9 додатків на 73 сторінках. Робота містить 14 таблиць і 48 рисунків. Загальний обсяг дисертації – 524 сторінки.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ХМАРО ОРІЄНТОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

1.1. Роль хмарних технологій у цифровій трансформації суспільства та освіти

Стрімкий розвиток інформаційних технологій і постійне збільшення кількості цифрових пристроїв зумовлюють трансформаційні зміни в різних галузях. У багатьох цивілізованих країнах світу потенціал соціально-економічного розвитку пов'язують із розбудовою цифрової економіки та впровадженням сучасних технологій в усі сфери життєдіяльності людини. За даними Всесвітнього економічного форуму, наведеними у звіті [409], цифрова трансформація є джерелом суттєвого розвитку багатьох галузей життєдіяльності суспільства, зокрема, державного управління, оборонного сектору, охорони здоров'я, промисловості, науки, освіти тощо.

Цифрова трансформація охоплює величезну кількість процесів, взаємодій, внутрішніх і зовнішніх факторів, технологічних еволюцій галузей. Нині користування інтернетом, комп'ютерами та мобільними пристроями стало нормою. Грошові операції здійснюють онлайн, квитки на поїзди, авіаквитки та номери в готелях бронюють так само, а спілкування без електронних пристроїв тепер важко уявити. Спектр змін варіюється від комп'ютерних мереж і різноманітного програмного забезпечення в офісі; від численних мікропроцесорів у транспортних засобах чіпів пам'яті на кредитних картках і інтелектуальних домашніх пристроїв; незліченних програм на смартфонах, які часто полегшують побут і дозволяють. Щоб зрозуміти значущість впливу технологічного розвитку, починаючи від хмарних обчислень, великих даних, розширеної аналітики, штучного інтелекту, машинного навчання та мобільних пристроїв до інтернету речей і новітніх технологічних реалій необхідно дати відповіді на чимало питань, зокрема на такі:

- Що є чинниками цифрової трансформації суспільства?
- Як технології змінюють особливості поведінки людей та сфери їх

життєдіяльності на початку третього тисячоліття розвитку цивілізації?

- Чи можна стверджувати, що технології є каталізаторами інновацій і трансформації в освітній галузі.
- Які компетентності мають бути сформовані в майбутнього педагога та яким має бути середовище його підготовки?

Теоретичні аспекти суспільних перетворень, що відбуваються під впливом інформатизації суспільства, висвітлено в працях багатьох науковців. Д. Белл, досліджуючи постіндустріальну епоху, визначає пріоритетною сферу інформаційного обміну та широкого надання різноманітних послуг [185]. Значний вплив цифрова трансформація здійснює на формування «мережного суспільства», саме зазначений аспект розкриває М. Кастельс. На думку науковця, мережа в сучасному суспільстві виступає будівельним матеріалом організації спільної діяльності людей та є структурою, що немає кордонів [195]. За словами ван Дейка, «вперше в історії ми матимемо єдину комунікаційну інфраструктуру, яка об'єднує всі види діяльності суспільства» [413]. З. Бжезінський вводить поняття «технотронного суспільства». Таке суспільство, на думку автора, культурно, психологічно, соціально й економічно формується під впливом техніки та електроніки, зокрема в галузі обчислювальної техніки та засобів масових інформації [192]. У цьому контексті вчені вважають, що комп'ютерні технології для інформаційної ери є тим же, чим була механізація для промислової революції. Але все ж таки всі ці назви є багатограним проявом сучасного інформаційного суспільства.

За останні десятиліття ми спостерігаємо радикальні зрушення в продукуванні культури та знань. Учені стверджують, що завдяки унікальним можливостям цифрових технологій виникли абсолютно нові форми неринкового та приватного виробництва знань і культури, і це змінило тих, хто має право творити в суспільстві. Зокрема, Й. Бенклер, досліджуючи правові, технічні та моральні наслідки цифрових медіа, стверджує, що окремим особам більше не потрібні ні прямі ринкові стимули для виробництва товарів культури та знань, ні непрямі ринкові субсидії прав інтелектуальної власності. Натомість люди

створюють і поширюють цифрові товари просто через свою любов до творчості, свою пристрасть або просто з доброї волі [211]. Об'єднавшись через цифрові платформи, мільйони людей роблять свої внески у продукування знань, що стають доступними через популярні сервіси (Вікіпедія, блоки, YouTube тощо).

Проблема цифрової трансформації суспільства є предметом досліджень зарубіжних та вітчизняних науковців різних предметних галузей. Зрозуміло, що на етапі формування поняття існують різні підходи до його розуміння. Поряд з цим терміном широко вживаються «цифровізація», «диджиталізація», «оцифрування». Тому, для уточнення їх сутності, визначення співвідношень та взаємозв'язків між ними, проаналізуємо зазначені терміни.

У Оксфордському словнику англійської мови термін «digitization» тлумачиться як процес перетворення аналогових даних (сканування друкованого тексту, зображень, конвертація відео, тощо) у цифрову форму для подальшого їх опрацювання комп'ютером [223]. Дані у цифровому форматі існують лише у двох різних станах – «увімкнено» чи «вимкнено». Дослідники зі Словенії зауважують, що «цифрова інформація є дискретною та «чистою», тоді як аналогова інформація є безперервною та «зашумленою» [259]. Переваги оцифрування даних виявляються в оптимізації внутрішніх організаційних процесів установи (наприклад, повторне використання, легке редагування, стиснення даних, контрольоване зберігання у великому обсязі, зменшення витрат паперу тощо) і призводять до мінімізації витрат загалом. Можливість контролювати оцифровані дані полягає в тому, що їх можна передавати легко, дешево та більш точно з меншою кількістю технічних помилок у процесі передаванні та декодуванні даних, ніж це відбувається в аналогових системах. Водночас передавання цифрової інформації не передбачає фактичний рух фізичних матеріалів, лише копіювання даних. Такий процес, як зазначає Б. Гройс, нівелює різницю між оригіналом і копією [261] і породжує проблему, яка потребує розв'язання в правовому полі. Оцифрування ускладнює захист прав інтелектуальної власності. Описуючи сутність проблеми Л. Лессіг [299], зазначає, що кожного разу, коли ми використовуємо цифрові дані, технології

виконують їх копіювання. Зазвичай, коли особа читає електронну книгу, її пристрій копіює текст книги з жорсткого диска в мережі в пам'ять її власного комп'ютера. Ця «копія» активує закон про авторське право. Тоді кожна дія має бути виправдана як ліцензована або як «чесне використання». Отже, оцифрована інформація може багаторазово використовуватися без зменшення або погіршення оригінального цифрового об'єкта. Легкість копіювання цифрової інформації призвела до розповсюдження цифрових творчих робіт і, як результат, спотворила можливість відстоювати авторське право на інтелектуальну власність, через напрацьовані закони та норми права. З іншого боку, нині знайдено механізми «управління цифровими правами» і реалізації авторського права через блокування, а також тиск на платформи та окремих осіб з метою видалення всіх потенційно захищених авторським правом робіт і навіть «добросовісне використання» захищених авторським правом творів [250].

Захист авторських прав – не єдина юридична проблема, пов'язана з процесом оцифрування. Накопичення цифрових даних і створення метаданих, що часто характеризуються як «дані про дані», створило передумови для стеження. Метадані дозволяють комп'ютерним системам та інфраструктурам індексувати, шукати та зберігати оцифровану інформацію. Цифрові метадані часто створюють самі користувачі шляхом класифікації та індексації інформації [309]. Вони є цінним ресурсом, наприклад, для продукування нових знань, проведення соціальних наукових досліджень. Це сприяло розвитку у сфері соціальних наук досліджень про «великі дані» – від виявлення мережної структури блогів до моделей соціальних зв'язків. Метадані також виявилися надзвичайно корисними для державних установ, які прагнуть здійснювати контроль суспільства. Правовий контекст цифрової безпеки, приватності користувачів, захист їх персональних даних та зростання ролі держави в контролі є предметом багатьох дискусій. К. Ценцура розкрив ризики, пов'язані з технологічними можливостями та недостатньо розвиненими традиціями демократії в суспільстві: «У країнах з невисоким рівнем демократії та відсутністю законодавства щодо захисту персональних даних такі метадані могли

призводити до стигматизації певних груп населення та використання даних користувачів з метою стеження» [37]. Звісно, нині оцифрування стало повсюдним, і такий процес наділяє цифрові дані суттєвими якостями для подальшого опрацювання. Науковці розглядають їх як характеристики цифрової інформації та необхідні наслідки оцифрування.

Натомість цифровізація (digitalization) означає адаптацію системи, процесу чи створення нової послуги, продукту в цифровій формі. Відповідно за цифровізації йдеться не лише про оновленні форми збереження та опрацювання даних, а й про соціально-економічні стосунки та процеси. Кінцевим наслідком є те, що цифровізація поширюється на соціальні групи та соціальні взаємодії. Отже, відмінність між термінами виявляється в процесі створення інноваційного продукту, з новими функціональними властивостями.

У дослідженнях учених описано різні думки щодо того, як цифровізація формує сучасний світ. Їх автори зосереджуються на зростанні глобалізації як процесу, що сприяє розширенню економіки за межі національних кордонів. Цифровізація та глобалізація економіки згодом змінюють уявлення про національний складник, матеріальність і сприяють новій циркуляції культури, капіталу, товарів і людей. Зокрема, у галузі фінансів багато вчених показали, що цифрові ресурси тепер посідають центральне місце в глобальних потоках капіталу [288].

Загалом «оцифрування» можна визначити як процес, що став чинником «конвергенцій» багатьох різнорідних секторів соціальних і технічних сфер. Зокрема, науковці висловлюють гіпотезу, що оцифрування створює носій, який імітує або об'єднує всі інші засоби масової інформації, означає, що в підсумку цифрове слід розглядати як «узагальнене середовище», яке об'єднує «різноманітні форми інформації» [264].

Досліджуючи ідею «конвергенції» в різних процесах і сферах суспільного життя, визначаючи низку різних форм конвергенції, науковці виділяють чотири ключові виміри конвергенції, пов'язані з оцифруванням і цифровізацією: інфраструктурний, термінальний, функціональний, ринковий [190].

Мабуть, найпоширенішою формою конвергенції, описаної в наукових публікаціях, є інфраструктурна конвергенція. Учені описують, як оцифрування призводить до конвергенції матеріальних інфраструктур зв'язку. Виділяють два види конвергенції – мережна та конвергенція пристроїв. Мережна конвергенція, що стосується фізичних мереж, які є основою комунікаційної інфраструктури. Оскільки оцифрована інформація може бути передана (майже) будь-якою цифровою системою, «будь-яка мережа може бути використана для передачі всіх видів цифрових сигналів». Це означає, що «один фізичний засіб – наприклад, кабель чи радіохвилі – може надавати послуги, які в минулому надавалися окремими способами».

Конвергенція пристроїв або терміналів стосується того, як оцифрування створює можливість для об'єднання кількох медіа-пристроїв в один. Прикладом може слугувати смартфон, який тепер замінює низку колишніх пристроїв (телефон, комп'ютер, фотоапарат, аудіомагнітофон, календар, калькулятор, блокнот тощо).

У випадку, коли мережні інфраструктури та пристрої інтегруються, відбувається відповідна функціональна конвергенція в «послугах» [229]. Смартфон є показовим прикладом зазначеної конвергенції. Він не тільки фізично об'єднує кілька пристроїв, а й виконує низку функцій, пов'язаних з іншими середовищами. Дослідники часто пов'язують цю функціональну конвергенцію з поєднанням в одному середовищі культурних форм, «які раніше можна було побачити лише в окремих медіа» [240]. Більш широким наслідком функціональної конвергенції є зміни у взаємодії, які раніше існували між засобом і його використанням. Тобто конвергенція працює в обох напрямках: не тільки один пристрій тепер може виконувати кілька функцій, а й «послуга, яка надавалась у минулому будь-яким одним засобом – за допомогою радіо, преси чи телефонії – тепер може надаватися різними фізичними способами» [410].

Оскільки різні послуги об'єднуються через спільну інфраструктуру в результаті оцифрування, то виникає конвергенція галузі або ринку. Деякі вчені звертають увагу на консолідацію колись окремих галузевих секторів, зокрема

«обчислювальний, телекомунікаційний, медіа та інформаційний сектори» [239]. Інші бачать у цьому більш загальне розмивання «відмінностей між інфраструктурою та послугами, програмним забезпеченням та медіаконтентом» [168]. Обидва типи конвергенції пов'язані з консолідацією компаній, при якій окремі компанії розширюються, виходячи на численні ринки або сектори. Незважаючи на те, що більшість науковців погоджується, що така конвергенція має місце, деякі пояснюють це переважно технологічними змінами, зокрема технологічною конвергенцією. Інші зазначають, що «...керована технологіями конвергенція способів підсилюється економічним процесом перехресного володіння» [355]. Незалежно від причини, галузева конвергенція має значні наслідки для медіарегулювання, оскільки «оцифрування та конвергенція різко змінюють основу, на якій базується традиційне медіамовлення.

Як зазначає Е. Тофлер складність нової системи потребує все більш інтесивного обміну даними, що створює величезну потребу в комп'ютерах, цифрових мережах та нових засобах роботи з інформацією [152]. Вчені широко припускають, що соціальна «інфраструктура змінюється під впливом комунікаційних мереж» [414]. Зокрема, багато хто стверджує, що цифрові мережі ініціюють значні зміни в логіці та структурах глобальної соціальної організації. М. Кастельс стверджує, що зростаюча цифровізація соціальної організації породила «мережне суспільство». Водночас у кожному із зазначених досліджень науковці описують цифровізацію та мережеве суспільство як такі, що доповнюють одне одного. Для ван Дайка саме «процеси взаємного формування» між соціальною структурою та комунікаційними технологіями «створюють мережеве суспільство» [415]. Соціальні та технічні сили настільки доповнюють одна одну, що «технологія стає невід'ємним складником будь-якого суспільства, а суспільство неможливо зрозуміти чи уявити без його технологічних інструментів» [303].

Термін «цифровізація» часто використовують для позначення цифрової трансформації, але цифрова трансформація вимагає набагато ширшого впровадження цифрових технологій і культурних змін. У цьому контексті

важливою є констатація факту, що цифрова трансформація більше стосується людей, ніж цифрових технологій.

М. Бейкер (Mark Baker) під цифровою трансформацією розуміє використання бізнесом інформаційних та мережних технологій для вирішення бізнес-завдань, підвищення ефективності, продуктивності або розроблення нових продуктів і послуг, які підвищують конкурентоспроможність, які, своєю чергою, ініціюють конкуренцію нетрансформованих організацій [172]. Тобто в економічному аспекті цифрова трансформація передбачає активне використання бізнесом цифрових технологій для вирішення бізнес-завдань, підвищення ефективності та продуктивності або розроблення нових продуктів і послуг. У конкурентному середовищі компанії прагнуть вийти на нові ринки, використовуючи такі різноманітні технології, як інтернет речей (IoT), 3D-друк, штучний інтелект (AI), аналітика даних, блокчейн, хмарні обчислення, інноваційне використання даних, прогностичний аналіз і робототехніка. Отже, цифрова трансформація є «однією з головних тенденцій, що змінюють суспільство та бізнес та спричиняє зміни для компаній через впровадження цифрових технологій в організації» [200].

За результатами аналізу запитів до сервісу Google Trends (рис. 1.1) підтверджується еволюція зазначених термінів.

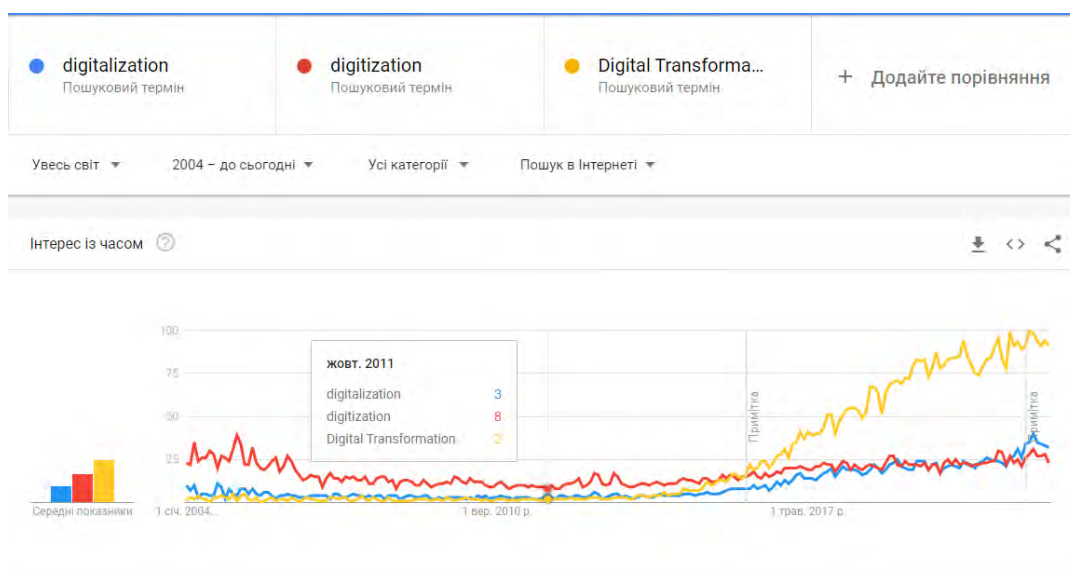


Рис. 1.1. Тренди цифрової трансформації
(джерело: результати запиту Google Trends)

В. Биков, О. Спирін, О Пінчук поняття цифровізації освіти визначають як «сучасний етап її інформатизації, який передбачає насичення інформаційно-освітнього середовища електронно-цифровими пристроями, інструментами, системами та електронним зв'язком між ними, що фактично забезпечує інтегровану взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний освітній простір» [9].

Проте технології є лише складником системного утворення, оскільки цифрова трансформація за визначенням є цілісною. Технологічні інновації нині мають значний вплив на суспільство. Проте технологія сама собою не спричиняє перетворення. Важливим є те, як її використовують і сприймають зацікавлені сторони. Серед сучасних технологій для процесів цифрової трансформації суспільства найбільше значення мають:

- хмарні та туманні обчислення, зокрема ті, що реалізують інфраструктури на основі віртуалізації;
- мобільні платформи та додатки, що забезпечують доступ до цифрових ресурсів зі смартфонів та планшетів;
- штучний інтелект, машинне навчання, нейронні мережі, як етап розвитку цифрових технологій, що змінює парадигму їх використання з написання програм до здатностей самостійно виявляти закономірності, робити тощо;
- технології доповненої, віртуальної та змішаної реальності, що дають можливість унаочнювати, моделювати взаємодіяти та досліджувати об'єкти у межах спеціально створеного середовища;
- чат-боти та віртуальні помічники, що забезпечують підтримку користувачів, оперативний зворотний зв'язок та отримання допомоги;
- технології блокчейн та криптовалюти, які реалізують сучасні методи забезпечення децентралізації, довіри, захищеності цифрових активів та фінансових операцій з ними;
- великі дані як окремі набори інформації та відповідні їм методи оброблення даних, що дають можливість користувачам приймати рішення, персоналізувати досвід, підвищувати ефективність діяльності,

стимулювати інновації, просувати дослідження та вирішувати суспільні проблеми.

- електронні бібліотеки та наукометричні баз даних, що забезпечують зберігання, індексування та поширення наукових знань суспільства;
- технології інтернету речей, що забезпечують налаштування, управління та моніторингу цифрових пристроїв за допомогою сучасних телекомунікаційних технологій;
- робототехнічні системи, зокрема 3D-принтерів і 3D-сканерів, що трансформують чимало виробничих процесів;
- ІКТ-аутсорсинг як модель надання послуг щодо розроблення, обслуговування та супроводу цифрових ресурсів на потужностях споживача або провайдера;
- системи захисту даних в інформаційних системах як механізми протидії кіберзлочинності.

Однак найбільший потенціал виникає, коли технології об'єднуються та інтегруються, що створює ефект конвергенції. Усі вони передбачають централізоване опрацювання даних та онлайнове надання доступу до них. Наприклад, це стосується технологій штучного інтелекту (Artificial intelligence), інтернету речей (Internet of Things) та аналізу великих даних (Big Data).

Серед технологій, що забезпечують цифрову трансформацію суспільства особливе місце належить хмарним обчисленням. Вони реалізують сервіс-орієнтовану архітектуру децентралізованого опрацювання даних. Як показує досвід закладів освіти в усьому світі, вони використовують послуги одного типу від кількох постачальників (сховища даних, електронна пошта, хостинг, системи управління навчанням). Це створює динамічне середовище, де постачальники хмарних обчислень конкурують за функції чи інновації [421]. Конкуренція може бути пов'язана з ціною, вмістом або іншими функціями, які дають змогу налаштувати взаємодію. Слід враховувати, що групі розробників ЗВО іноді важко конкурувати з визнаними лідерами в галузях хмарних обчислень. Завдяки спеціалізації зовнішній постачальник (хмарний провайдер) створює кращий

продукт за менших витрат. Отже, нині акценти закладу освіти зміщуються на забезпечення належної роботи всіх складників ІТ-інфраструктури та інтеграцію наявних «локальних» ресурсів з новими хмарними сервісами, які можуть надати конкурентну перевагу в провадженні освітнього процесу. Як наслідок, ІТ-інфраструктура ЗВО трансформується відповідно до сервіс-орієнтованої архітектури [421]. Дуглас К. Баррі, Девід Дік зазначають, що в такій архітектурі можливі різноманітні комбінації хмарних сервісів (рис. 1.2).

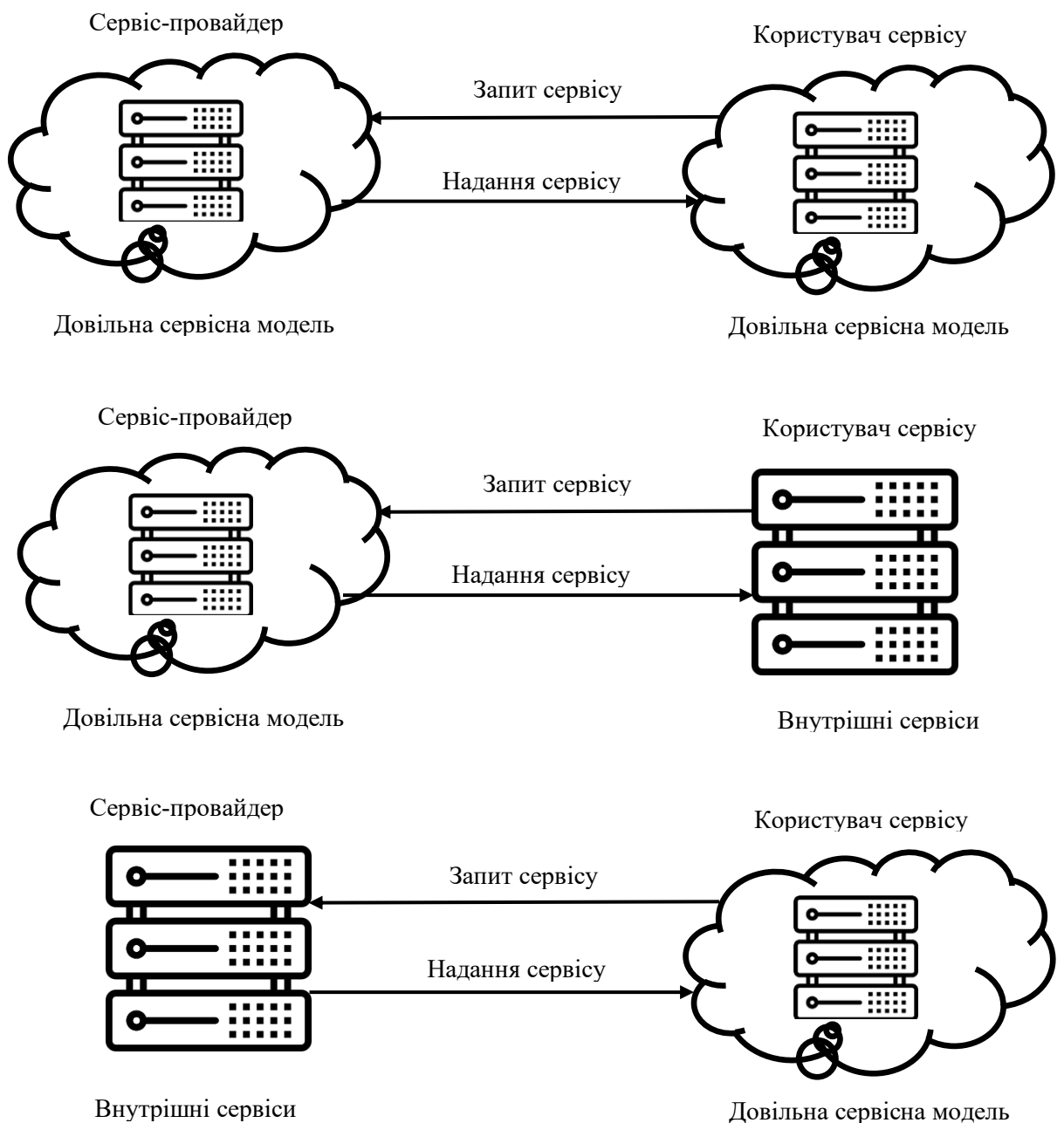


Рис. 1.2. Сервіс-орієнтована архітектура з різними комбінаціями хмарних обчислень (за дослідженням [421])

Постачальник послуг може бути хмарним провайдером або внутрішньою службою. Аналогічно отримувач послуг може бути службою в хмарі, що функціонує відповідно до будь-якої моделі, або внутрішньою службою ІТ-інфраструктури ЗВО.

Хмарні обчислення змінили ІТ-сектор, маючи величезний вплив на багато аспектів життя наприкінці двадцятого та на початку двадцять першого століття. За останні три десятиліття інформаційні технології зростають настільки динамічно, що нині доводиться говорити про цифрові технології, які трансформують практично всі аспекти діяльності особистості [230], [17].

Завдяки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій індустрія вищої освіти в усьому світі пережила революційні зміни протягом останніх трьох десятиліть. Пандемія Covid-19 остаточно сприяла трансформації традиційного навчання, прискорила впровадження цифрових технологій у ЗВО, що, зрештою, трансформує всю сучасну освіту [39]. Як наслідок, у світі спостерігається її перехід до моделі «освіта 4.0», що все ще є значною проблемою, як у технологічному, так і в методичному та організаційному аспектах [46].

Хмарні обчислення та системи відкритого доступу в освіті є технологічно та економічно ефективними засобами організації роботи цифрових систем без необхідності вкладення значних коштів у розвиток ІТ-інфраструктури. Саме тому за останні 10 років вони стали популярною парадигмою в освіті. Проте освітні заклади в Україні мають певні проблеми, такі як обмежені технічні та матеріальні ресурси ІТ-інфраструктури, обмежений викладацький склад, брак технічних спеціалістів та кваліфікованого ІТ-персоналу.

Незважаючи на те, що впровадження хмарних технологій в університетах [323], [193], [14] відбувається багато років поспіль, проблеми створення хмаро орієнтованих засобів навчання та підготовки професорсько-викладацького складу до їх ефективного застосування залишаються актуальними й нині.

Як відомо, більшість навчальних закладів використовують системи керування навчанням, системи керування контентом, віртуальні мережі та віртуальні машини, щоб полегшити навчання студентів.

Наприклад, віртуальні лабораторії на основі хмарних обчислень пропонують здобувачам різні послуги відповідно до вимог освітньо-професійних та освітньо-наукових програм. ІТ-фахівці та викладачі в університетах дедалі більше усвідомлюють «потенціал академічної хмари» та виконують міграцію наявних систем і сервісів у хмарну інфраструктуру [191]. Наприклад, віртуальні обчислювальні лабораторії створені Університетом штату Північна Кароліна за допомогою технології хмарних обчислень, яка підтримує роботу студентів у доступі до лабораторій з будь-якого пристрою в мережі інтернет та в будь-який час [331]. Зазначена лабораторія віртуальних обчислень, розроблена в співпраці з ініціативою IBM Virtual Computing, задовольняє зростаючі потреби в обчислювальних ресурсах працівників і студентів університету.

Хмарні обчислення забезпечують економію коштів порівняно з нехмарним впровадженням в освітніх системах. ІТ-фахівці університету Саутгемптона (Велика Британія) розгорнули академічну хмару на факультеті інформатики, яка дає змогу заощадити кошти на придбанні комп'ютерної техніки. У цій хмарі спроектовано та розроблено віртуальну лабораторію на основі корпоративної платформи Ubuntu Enterprise, яка забезпечує студентам створення та налаштування різних конфігурацій операційних систем та ІТ-інфраструктур [199]. Американський дослідник Лі Чао (Li Chao) з університету Х'юстон-Вікторія (Houston-Victoria) розробив приватну хмарну інфраструктуру для підтримки різних інформатичних дисциплін, таких як програмування, мережі, системи баз даних, веброзробка та кібербезпека. Успішний досвід використання хмарних сервісів у процесі дослідження баз даних описано у публікації [263]. Дослідник проаналізував академічні й дослідницькі вимоги щодо надання обчислювальних сервісів за різних навантажень корпоративної хмари. Науковці з Державного Університету Арізони (США) розробили віртуальну лабораторію для навчання кібербезпеці, у якій використовують імітаційні моделі для практичних експериментів [427]. Німецький університет прикладних наук використовує середовище Cloud Infrastructure and Applications (CloudIA) для надання студентам хмарної інфраструктури як послуги (IaaS) і програмного

забезпечення як послуги (SaaS) через інтернет [227]. Середовище надає систему керування навчанням (LMS) на вимогу за допомогою віртуальної машини (VM), яка містить сервер СУБД MySQL, Tomcat і вебсервер Apache.

Як бачимо, сучасні університети продовжують широко розгортати та використовувати корпоративні хмари у навчанні студентів інформатичних спеціальностей. Незважаючи на те, що багато навчальних закладів, коледжів та університетів в усьому світі успішно розгорнули й інтегрували хмарні технології у власні IT-інфраструктури, чимало закладів освіти продовжують удосконалювати власні хмари [368].

Поряд з цим українські університети мають певні проблеми з впровадженням освітніх середовищ на основі хмарних технологій. Їх можна підсумувати так:

- наявні цифрові ресурси розподіляються між освітніми закладами виходячи не з їхніх потреб, а з особистих міркувань чи обґрунтувань;
- обмежене фінансування для забезпечення потреб університету щодо IT-інфраструктури та придбання академічних ліцензій;
- брак фахівців для підтримки та експлуатації наявної інфраструктури в деяких навчальних закладах. Кваліфіковані педагоги тепер працюють не лише в галузі освіти та розподіляють свої зусилля між навчанням та іншими видами діяльності.

1.2. Аналіз поняттєвого апарату дослідження

У процесі розв'язання завдань дисертаційного дослідження необхідним є вивчення та уточнення його базових понять, зокрема таких як «освітнє середовище», «освітній простір», «навчальне середовище», «хмарні технології», «хмарні обчислення», «хмаро орієнтоване середовище навчання», «хмаро орієнтована навчальна спільнота», «проєктування хмаро орієнтованого середовища навчання», «адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання», «хмарна лабораторія».

Освітнє середовище є окремим видом соціального середовища, яке, своєю чергою, є соціумом, що оточує людину та чинить постійний вплив на неї. Освітнє середовище слід розглядати як систему впливів і умов формування особистості, а також можливостей її розвитку, які містяться в соціальному та просторово-предметному оточенні [389]. Освітнє середовище можна уявити як часовий, просторовий та соціальний континуум, у якому відбувається взаємодія різних рівнів системи освіти й особистості, а також долучається відповідний культурно-ціннісний контекст.

Особливості освітніх середовищ досліджує чимало науковців [210], [47], [53], [28] [20], [156]. Вони відзначають, що освітнє середовище університету має містити такі компоненти, як інформаційно-комунікаційне середовище, науково-дослідне середовище, організаційне та управлінське середовище. Зазначені середовища слід проектувати відповідно до принципів інтенсивності, психологічного комфорту, демократичних можливостей, індивідуалізації навчання, відкритості та доступності їх інформаційних ресурсів [301].

С. Г. Литвинова серед вимог до навчального середовища закладу освіти виділяє інноваційність, насиченість цифровими засобами, відповідність стратегіям розвитку освітньої галузі, відкритість щодо доступу учасників освітнього процесу, безпечність і захищеність технологій та ресурсів, педагогічна виваженість і доцільність добору програмних складників середовища, виокремлення компонент і забезпечення їх ієрархічного взаємозв'язку, відповідність цілям навчання, забезпечення ефективної комунікації та співпраці учнів і педагогів, сприяння активізації та підвищенню ефективності провадження навчальної діяльності, а також результативності освітнього процесу, забезпечення реалізації індивідуальних траєкторій розвитку учнів [48].

За умов впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчальний процес закладу вищої освіти особливого значення набувають завдання створення його інформаційного простору. Спостерігаючи протягом кількох десятиліть за процесом інформатизації освіти, слід відзначити

взаємопов'язані процеси розвитку апаратно-програмних складових ІКТ та розроблення нових комп'ютерно-орієнтованих систем навчання.

Враховуючи такі тенденції, можна стверджувати, що інформаційно-освітній простір ЗВО має бути динамічним утворенням. Зокрема, на сьогодні важливим аспектом його функціонування вважаємо можливість використання хмарних технологій і технологій веб 2.0 (3.0).

Теоретичні аспекти використання комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання досліджено в працях В. Бикова, М. Жалдака, Н. Морзе, С. Ракова, Ю. Рамського, Ю. Триуса та інших. Зокрема, проблематику інформаційного освітнього простору розкрито в дослідженнях В. Бикова, Р. Гуревича, М. Жалдака, І. Захарової, І. Кухаренка, В. Лапінського, О. Спіріна та інших. Проблемі застосування технологій хмарних обчислень та засобів веб 2.0 в освіті присвячено дослідження Н. Балик, В. Бикова, Н. Морзе, О. Спіріна та інших.

У галузь освіти епоха інформатизації принесла значну кількість програмних засобів навчального призначення, які у своїй сукупності можуть утворювати навчальні середовища та освітні простори. Згадані поняття належать до термінології комп'ютерно-орієнтованих систем навчання. Враховуючи відносну молодість цієї галузі, а також стрімкі темпи розвитку інформаційних технологій, важко очікувати однозначного означення її понять. Спробуємо окреслити деякі підходи до трактування поняття «інформаційно-освітній простір».

У філософському розумінні терміну «простір» присутня змістова основа, яка означає сукупність об'єктів, що співіснують (точок і відношень між ними) [154]. Розглядаючи поняття простору в певній галузі (фізичний, соціальний, освітній, культурний простір), можна зауважити, що термін стає менш абстрактним.

Як зазначають В. Г. Кремень та В. Ю. Биков, поняття «простір» і «середовище» є близькими, але не синонімічними. Аналізуючи співвідношення даних понять, дослідники мають на увазі набір певним чином пов'язаних між собою умов, які можуть впливати на людину. При цьому в понятті «простір» не передбачено присутність у ньому людини. Простір може існувати й незалежно

від неї, а середовище передбачає взаємодію і взаємовплив оточення із суб'єктом. Інформаційно-освітнє середовище розуміють як сукупність технічного, інформаційного та навчально-методичного забезпечення, що нерозривно пов'язана з людиною як суб'єктом навчання [18].

Поняття «освітній простір» залежно від ознаки своєї масштабності може вживатися в глобальному або інституціональному контексті. У першому випадку говорять про глобальний освітній простір або єдиний інформаційний простір системи освіти [15]. У другому випадку термінологія стосується певної освітньої установи (інституції), наприклад, інформаційно-освітній простір вищого навчального закладу. Специфікою власне інформаційно-освітнього простору є обов'язкова наявність у ньому інформаційно-комунікаційних технологій. О. М. Спірін пропонує розуміти інформаційно-комунікаційні технології як сукупність методів розроблення інформатичних систем і побудови комунікаційних мереж, що передбачає психолого-педагогічний супровід процесів їх проектування, розроблення та впровадження. Такий супровід є важливим з огляду на те, що використання кожної інформаційної технології передбачає наявність знань про те, як варто працювати з даними, реалізованих у вигляді алгоритмів і процедур [149].

М. П. Шишкіна у своїй докторській дисертації трактує хмаро орієнтоване середовище вищого навчального закладу як створене в цьому закладі середовище діяльності учасників освітнього і наукового процесів, у якому для реалізації комп'ютерно- процесуальних функцій (змістово-технологічних та інформаційно- комунікаційних) цілеспрямовано розроблена віртуалізована комп'ютерно- технологічна (корпоративна або гібридна) інфраструктура [156].

На сьогодні спостерігається утвердження інтегративної концепції використання цих технологій в шкільній та університетській освіті, які у своїй сукупності формують інформаційно-освітній простір навчального закладу. Інформаційні технології насамперед слід розглядати як засіб розвитку особистості учня (студента), а також як засіб, що сприяє перетворенню учня з об'єкта педагогічного впливу в повноправного суб'єкта освітнього процесу й

сприяє актуалізації його управлінської діяльності як активного учасника інформаційного процесу всередині освітнього простору [122].

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 було створено [8]. Незважаючи на глобальний аспект вживання згаданого поняття, у ньому спостерігається й інституціональна складова, оскільки зазвичай освітні електронні ресурси створюють і застосовують в інституціональній системі освіти. Крім того, автор наголошує, що в зазначеному просторі має бути забезпечено нормалізацію та стандартизацію створення мережних електронних ресурсів, розширення масштабу й уніфікацію їх вивчення та застосування. Згідно із запропонованою науковцем доменно-фреймовою моделлю 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 потреб здобувачів освіти.

У зарубіжних дослідженнях поняття навчального середовища вживають стосовно фізичного розташування та умов здійснення освітньої діяльності. Оскільки студенти можуть навчатися в різних умовах, зокрема поза закладом освіти, то термін часто використовують як альтернативу класній кімнаті або аудиторії [297], [370]. У контексті умов його розглядають як середовище здійснення дистанційного навчання. У цьому аспекті дослідники зосереджують увагу на цифрових технологіях та пов'язаних з ними засобами навчання [315].

Як наслідок, у дослідженнях трапляються синонімічні поняття, зокрема «веб-орієнтоване», «електронне» навчальне середовище тощо [262]. У подальшому розвиток концепції навчального середовища пов'язаний із широким застосуванням систем управління навчанням, що має наслідком вживання понять

«віртуальне навчальне середовище» та «система управління знаннями» [284]. Окремим складником середовищ навчання є об'єкти вивчення, під якими розуміють цифрові ресурси, що моделюють об'єкти реального світу. Студенти можуть досліджувати та повторно використовувати їх відповідно до навчальних завдань [325]. Серед переваг зазначених середовищ зарубіжні науковці виділяють забезпечення доступності навчальних ресурсів, підвищення мотивації та рівня задоволеності здобувачів [403], [282].

Іншою характеристикою середовища навчання є методологія його використання. Курси та об'єкти вивчення можуть застосовуватися систематично під керівництвом викладача, а також для забезпечення самостійної діяльності здобувачів. Найпоширенішою формою використання електронних навчальних курсів в університетах є навчання під керівництвом викладача. У цьому випадку відповідне навчальне середовище можна вважати осередком, у якому викладач скеровує діяльність здобувачів, подаючи їм необхідний матеріал, контролюючи послідовність і темп навчання. При цьому використовують однакові форми навчання, а всі студенти працюють у визначений час [367]. Натомість у середовищі самостійного навчання здобувачі мають можливість навчатися онлайн у зручний час та у власному темпі. В аспекті самостійного здобуття знань у зарубіжних дослідженнях трапляється поняття «середовища проблемного навчання» (PBL – Problem Based Learning), основною метою запровадження якого є забезпечення можливостей здобувачів навчатися через використання проактивних методик (дослідження, експеримент, практика, вирішення проблем тощо) [432].

Подальшим етапом розвитку концепції освітніх середовищ було використання технологій хмарних обчислень. «Хмара» — не лише популярний термін, який застосовують для опису інтернет-технологій віддаленого збереження даних, а й модель отримання доступу до обчислювальних ресурсів [291].

Загалом «хмарні обчислення» («хмарний комп'ютинг») – підхід до обчислень, за якого кінцевий користувач з'єднується до віддаленої мережі

комп'ютерів (хмара) для запуску програм, зберігання даних тощо. Це дозволяє користувачам отримувати доступ до великих обсягів зберігання даних і обчислювальної потужності з будь-якої точки світу без необхідності володіти ними та самостійно підтримувати ці ресурси [160]. Як наслідок, головним критерієм визначення хмарної технології є можливість роботи з її ресурсами, незважаючи на апаратно-програмне забезпечення клієнта, а також його географічне положення. Наприклад, студент, перебуваючи в університеті, удома, у бібліотеці або кафе, для отримання відомостей про модульний контроль може використати ноутбук, планшетний комп'ютер або смартфон.

Технологічною основою роботи з хмарними технологіями є технологія Веб, тобто сервери та клієнти, які взаємодіють за протоколом обміну гіпертексту. Проте, на відміну від традиційного розуміння всесвітньої павутини як сукупності вебсторінок, хмарні технології передбачають використання програмного забезпечення як сервісу (SaaS — Software as a Service). SaaS є моделлю розгортання та застосування програмного забезпечення, згідно з якою для повнофункціонального його використання клієнту необхідний лише веббраузер. Відповідно розвивається й підхід до розроблення для розгортання програмного забезпечення, який зосереджується на операційних можливостях, що надає програмне забезпечення, а не на самому програмному забезпеченні. Це, зокрема, дає змогу використовувати програми, які реалізують послуги від імені інших. У сервісно-орієнтованій архітектурі SOA (service-oriented architecture) служби можуть фактично й найчастіше базуватися на різних платформах.

Крім SaaS існують такі моделі застосування хмарних технологій [247]:

- IaaS (Infrastructure-as-a-Service) — модель, яка передбачає розгортання в «хмарі» інформаційної інфраструктури організації. Основою для реалізації моделі є технології віртуалізації. Фізично всю інфраструктуру корпоративної мережі може бути реалізовано на одному або кількох серверах датацентра провайдера.
- PaaS (Platform-as-a-Service) — модель, яка передбачає розгортання певної програмної платформи, яку можуть використовувати не лише користувачі

сервісу, а й програмісти та розробники. Тобто така платформа орієнтована на застосування в «хмарному» середовищі мов програмування, наборів бібліотек тощо.

- DaaS (Desktop-as-a-Service) — модель застосування «хмарного» робочого стола. Отже, на зміну «традиційним» засобам та протоколам (VPN, RDP, VNC, SSH) в епоху хмарних технологій приходять лише веббраузер.

Іншими технологічними передумовами розвитку технологій хмарних обчислень були поява надійних швидкісних мереж, широке впровадження технологій віртуалізації, повсюдне використання програмного забезпечення з відкритим кодом, прийняття відкритих стандартів технології Веб 2.0, розгортання хмарних інфраструктур провідних вендорів, зокрема Google Cloud, Microsoft Azure, Amazon EC тощо [131]. Для виділення специфіки хмарних обчислень у літературі використовують поняття «розгортання хмари». Його визначають як задіяння моделей послуг, до яких кінцеві користувачі можуть отримати доступ за запитом залежно від хмарної моделі, типу архітектури хмарних обчислень, на якій буде реалізовано рішення. Завдяки розгортанню хмарний адміністратор виконує встановлення та конфігурування хмари. Відповідно виділяють такі моделі розгортання хмарних технологій:

- власна корпоративна хмара, що передбачає побудову, підтримання функціонування і забезпечення розвитку власного центру опрацювання даних (вимагає існування в навчальному закладі потужного ІКТ-підрозділу);
- загальнодоступна хмара, що передбачає використання засобів і сервісів «хмарного» провайдера;
- гібридна (комбінована) модель реалізації ІКТ-сервісів, тобто одночасне використання корпоративних та загальнодоступних хмар [311].

У зарубіжних дослідженнях під хмарним середовищем навчання розуміють онлайнві освітні платформи, які забезпечують доступ до навчальних ресурсів та інструментів через мережу інтернет. У такому середовищі здобувачі отримують доступ до навчальних матеріалів, співпрацюють з іншими учасниками освітнього

процесу та викладачами, виконують навчальні завдання та оцінюють колег. Цей тип навчального середовища часто забезпечує такі функції, як дискусійні форуми, відеоконференції та інтерактивні навчальні взаємодію. Розглядаючи роль хмарних обчислень у побудові середовищ навчання, науковці акцентують увагу на можливостях викладача щодо управління процесами учіння [287]. Крім того, завдяки наданню доступу до даних і ресурсів технології забезпечують трансформацію традиційних класно-урочних форм, дозволяючи проведення занять без «звичної» класної кімнати [170].

Зарубіжні дослідники хмаро орієнтованих середовищ часто зосереджуються на взаємодії учасників освітнього процесу. У цьому контексті вони використовують поняття «хмаро орієнтована навчальна спільнота», що трактується як спільноту осіб або організацій, які використовують послуги хмарних обчислень для спілкування, співпраці та спільного використання ресурсів [405]. У такому середовищі хмарні технології сприяють процесу спільного навчання через оцінювання членами групи того, що відбувається під час обговорення. Його також можна використовувати для сприяння координації між членами групи через аналіз прикладів, за допомогою обміну ідеями, спільного вирішення проблем і рольових ігор [166].

Одним з найважливіших завдань, яке слід виконати для організації хмаро орієнтованих середовищ, є його проектування. Узявши за основу дослідження [18], зазначимо, що спроектувати хмаро орієнтоване середовище навчання майбутніх учителів інформатики означає теоретично дослідити суттєві цільові та змістово-технологічні (методичні) аспекти освітнього процесу, який має здійснюватись у цьому середовищі, і на цій основі описати необхідний для цього склад його хмарних сервісів та інфраструктуру (зокрема можливості їх розвитку та масштабування). Процес проектування передбачає аналіз обмежень психолого-педагогічного, науково-технічного і ресурсного характеру. Врахувавши думку М. П. Шишкіної, зазначимо, що хмаро орієнтоване середовище має будуватися на основі загально-прийнятих відкритих стандартів

[156]. Такий підхід має забезпечити його готовність до інтеграції з іншими сервісами та додатками згідно з хмарним і «класичним» підходами.

О. Г. Кузьмінська розглядає цифрове освітнє середовище наукової комунікації магістрів-дослідників як структуровану сукупність засобів наукових комунікацій і технологій, заснованих на єдиних технологічних та освітніх стандартах, що дає змогу забезпечувати вільний доступ суб'єктів освітнього процесу до цифрових інструментів підтримки досліджень, їх ефективну комунікацію та співпрацю в рамках такого середовища для досягнення освітніх цілей підготовки магістрів, які заздалегідь їм відомі, зрозумілі, досяжні та конкретні. У прогностичній моделі цифрового-освітнього середовища дослідниця виділяє такі складники: ІТ-інфраструктуру ЗВО, архітектуру знань, архітектуру послуг та архітектуру досвіду. Усі зазначені складники має бути інтегровано на рівні платформ, даних і користувачів [43].

Серед переваг хмаро орієнтованих середовищ дослідники виділяють сприятливу атмосферу співпраці студентів і викладачів, що є важливим для досягнення освітніх цілей. Архітектуру середовища складають три рівні: хмарне обладнання, компоненти хмарного середовища навчання та хмарні сервіси. Ефективність його функціонування визначається здійсненням навчання, орієнтованого на студентів, під час якого вони отримують знання, навички та ставлення через практику й роздуми [224].

Т. А. Вакалюк під хмаро орієтованим навчальним середовищем підготовки бакалаврів інформатики розуміє навчальне середовище закладу вищої освіти, у якому дидактичні цілі підготовки бакалаврів інформатики, а також забезпечення співпраці викладачів і студентів досягають шляхом використання технологій і сервісів хмарних обчислень [20]. На нашу думку, сучасне трактування цього поняття може бути дещо модифікованим. Отже, *під хмаро орієтованим середовищем навчання майбутніх учителів інформатики будемо розуміти систему цифрових засобів (апаратних, комунікаційних, віртуалізованих), що функціонують відповідно до принципів хмарних обчислень і забезпечують повсюдний доступ здобувачів до інформаційних, обчислювальних*

ресурсів задля досягнення програмних результатів підготовки майбутнього вчителя інформатики.

Синонімічним до ХОСН є поняття академічної хмари. О. Г. Глазунова тлумачить його як хмаро орієнтоване середовище, що є поєднанням технічних, програмних, цифрових ресурсів і сервісів, які функціонують на базі технологій хмарних обчислень і забезпечують освітню діяльність студентів університету через локальну мережу та інтернет [29]. У цьому дослідженні будемо використовувати обидва поняття.

Незважаючи на зазначені характеристики, хмаро орієнтовані навчальні середовища не можуть повністю компенсувати брак досвіду викладачів. Налаштування та використання стандартних хмарних служб з даного боку є стандартизованим завданням. З другого боку, створення або впровадження відповідного сценарію чи шаблонів вимагає вузькоспеціалізованих навичок. Майбутні учителі інформатики повинні мати внутрішню мотивацію використовувати можливості хмарних технологій. За умов достатнього доступу до цифрових пристроїв, індивідуальне ставлення та цифрові навички викладачів ЗВО є вирішальним чинником успішної інтеграції хмарних технологій [353]. Наявність і повсюдний доступ до загальнодоступних і корпоративних хмар зменшує бар'єри для цифрових інструментів, проте не може їх повністю усунути та не стимулює використання цих хмарних сервісів [402].

Загалом моделі хмаро орієнтованих систем навчання можуть містити різні складники, проте в переважній їх більшості реалізовано доступ до освітніх ресурсів засобами хмарних технологій. Наприклад, у моделі ХОСН, орієнтованій на розвиток рефлексивних навичок, присутні учительський і студентський модулі, а також авторський хмарний сервіс, що забезпечує надання інтерфейсу користувача, збереження та надання доступу до даних, а також адміністрування сервісу [159].

З метою уточнення поняття «адміністрування та використання хмаро орієнтованого середовища навчання» проаналізуємо родові поняття «мережний адміністратор» та «мережне адміністрування». В Оксфордському словнику

комп'ютерних наук пропонується таке означення: «Мережний адміністратор – особа, відповідальна за апаратне та програмне забезпечення комп'ютері, які утворюють комп'ютерну мережу. Його чи її обов'язки зазвичай впливають із функціональних вимог до мережі та життєвого циклу функціонування відповідної інфраструктури. Залежно від розміру мережі, адміністратор може відповідати за всі ці дії або спеціалізуватися на одній чи кількох із них» [160].

В. Ю. Биков зазначає, що спроектувати хмаро орієнтоване освітньо-наукове середовище означає теоретично дослідити суттєві цільові та змістово-технологічні (методичні) аспекти освітньо-наукового процесу, що мають здійснюватись у цьому середовищі, і на цій основі охарактеризувати його склад, структуру, статику і динаміку використання. При цьому має бути враховано розвиток середовища, вплив і особливості взаємозв'язків його складників з іншими елементами, психолого-педагогічні, науково-технічні та ресурсні обмеження його функціонування й розвитку [10].

Враховуючи наведене вище трактування понять, під адмініструванням хмаро орієнтованого середовища навчання будемо розуміти комплекс заходів щодо проектування, розгортання, налаштування, управління та обслуговування його складників (сервісів, платформ, інфраструктур), міграції та/або інтеграції локальної ІТ-інфраструктури в хмару, а також супроводу діяльності в ньому здобувачів освіти. Зазначений процес також передбачає дії щодо технічного супроводу хмарних сервісів та інфраструктур. Здійснення цих заходів передбачає володіння здобувачами достатнім рівнем інформатичної компетентності. Саме таке поняття вважає за доцільне вживати О. М. Спірін стосовно вчителів інформатики. Науковець трактує це поняття як підтверджену здатність особистості задовольнити власні індивідуальні потреби та суспільні вимоги щодо формування професійно-спеціалізованих (загальнопрофесійних, предметно-орієнтованих, технологічних і професійно-практичних) компетентностей людини в галузі інформатики [139]. Розробники сучасних освітньо-професійних та освітньо-наукових програм зазначені компетентності зараховують до фахових або спеціальних. Розвиваючи поняття інформатичної

компетентності, О. М. Спирін та Т. А. Вакалюк вводять поняття ІК-компетентності бакалаврів інформатики щодо використання хмаро-орієнтованого навчального середовища, під яким розуміють підтверджену на практиці здатність особистості на основі опанованих знань, умінь і навичок з хмарних технологій використовувати такі технології для задоволення власних індивідуальних навчальних потреб і розв'язування професійних задач у галузі інформатики та інформаційно-комунікаційних технологій [142].

Враховуючи, що сучасні корпоративні хмарні платформи широко використовують технологію віртуалізації, вважаємо можливим розгортання на їх основі віртуальних лабораторій. Ми вважаємо слушною думку С. О. Семерікова [381], що поєднання термінів «віртуальний» та «хмарний» у контексті лабораторії є недоречним, адже хмарна лабораторія за своєю суттю вже є віртуальною. Тим не менш, розглянемо термін «віртуальний». У великому тлумачному словнику української мови [24] зазначений термін трактують як такий, що реально не існує; можливий або такий, який проявляється за певних умов. Зазначимо, що хмарна лабораторія для вивчення комп'ютерних технологій справді не існує у вигляді окремого приміщення, проте її функції реалізуються із застосуванням реальних апаратно-програмних засобів, що забезпечують функціонування хмарних платформ. Щодо процесу пізнання, то хмарна лабораторія – це віртуальне середовище навчання, яка дає змогу моделювати поведінку об'єктів реального світу в інформаційно-освітньому середовищі. Таке середовище має бути розробленим під певну предметну галузь, що надає необхідний інструментарій для розв'язування задач, проведення віртуальних експериментів у даній предметній галузі. Зазвичай віртуальні лабораторії орієнтовано на застосування в процесі навчання математики, фізики, хімії, деяких інженерних дисциплін [153]. Щодо інформатичних дисциплін, то, врахувавши трактування В. Ю. Бикова, зазначимо, що хмарна лабораторія це цифрова система, у якій формуються мережеві віртуальні об'єкти, що відповідають реальним комп'ютерним системам [8]. У таких лабораторіях використовують спеціальний користувальницький інтерфейс (передусім на базі

веб), який дозволяє працювати з користувацьким інтерфейсом ОС у будь-якому випадку. Важливим є питання ресурсного забезпечення навчальної діяльності студентів у хмарній лабораторії. У випадку підготовки майбутніх учителів інформатики віртуальні ресурси – це не стільки інформаційні, скільки обчислювальні ресурси, які доступні студентам у режимі віддаленого доступу через інтернет.

1.3. Вітчизняний та зарубіжний досвід підготовки вчителів інформатики до застосування хмарних технологій

Підготовка учителів інформатики в Україні здійснювалася з перших років незалежності нашої держави. Зміст і методики змінювалися з часом і відображали новітні технологічні та педагогічні тенденції. У 1991 році у видавництві «Вища школа» в м. Києві вийшов навчальний посібник «Інформатика» для студентів фізико-математичних факультетів педагогічних інститутів (автори М. І. Жалдак, Ю. С. Рамський), побудований на нових, наведених вище засадах. Посібник було орієнтовано на використання персональних комп'ютерів «Yamaha» [33].

До 2000-х років в Україні майбутні вчителі інформатики здобували освіту переважно за спеціальностями «Математика» та «Фізика». Основна увага приділялась вивченню алгоритмізації та програмування. У майбутніх учителів формували навички розроблення програм з використанням поширених тоді мов програмування Basic, Pascal. Зазначений період характеризується недостатньою розробленістю методик підготовки до використання комп'ютерів у освітньому процесі. Незважаючи на те, що підготовка вчителів інформатики передбачала навчання використання інформаційних технологій, учнів того часу практично не навчали використовувати комп'ютер для розв'язання практично значущих задач. Однією з причин такого стану речей була відсутність належної матеріально-технічної бази: на той час у школах України був поширений безмашинний варіант вивчення основ інформатики. Зокрема, вчителі мали обмежений доступ до комп'ютерів та іншого обладнання, що ускладнювало підготовку до роботи з

комп'ютером. Наведене стало основою для розроблення програми шкільного курсу інформатики (автори М. І. Жалдак, Н. В. Морзе, Г. Г. Науменко), яку в 1993 році Міністерство освіти України затвердило як експериментальну, а в 1996 році — програми (з певними уточненнями) як основної для всіх середніх навчальних закладів України [32]. У 1995 році під керівництвом професора Ю. С. Рамського було захищено першу дисертацію зі спеціальності 13.00.02 «Теорія та методика навчання (Інформатика)». У цей час виконуються перші дослідження щодо навчання учителів інформатики експертним системам та основам штучного інтелекту [4].

Важливою подією в контексті розв'язання проблем інформатизації освіти було створення в 1999 році інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. За понад два десятиліття під керівництвом професора В. Ю. Бикова в інституті була сформована потужна наукова школа для підготовки фахівців вищої кваліфікації в галузі цифровізації освіти.

У 2000-х роках відбувається подальший розвиток комп'ютерної техніки, зокрема мережних, клієнт-серверних технологій. Загальноосвітні заклади отримують доступ до інтернету. У цей час в Україні розпочинається підготовка майбутніх учителів інформатики за спеціальностями «Інформатика», «Прикладна математика» з галузі знань «Системні науки і кібернетика». Змінюється структура навчального процесу, де більший акцент ставиться на розробленні програмного забезпечення, баз даних, мереж та інших аспектів комп'ютерних технологій. Крім того, з'явилися нові предмети в навчальному плані, такі як «Інформатика та програмування», «Комп'ютерна графіка», «Інформаційні технології в освіті».

Однією з перших фундаментальних наукових праць для підготовки майбутніх учителів інформатики став 4-томний посібник Н. В. Морзе «Методика навчання інформатики» [58]. У ньому викладено питання, пов'язані зі структурою та змістом курсу інформатики, підходами до організації навчального процесу, використанням різноманітних технологій та інноваційних методик навчання. Крім того, у посібнику описано методи та прийоми оцінювання знань

учнів з інформатики, організації самостійної роботи та проєктної діяльності учнів, роль і використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні.

З кінця 2000-х років вища освіта України переходить до навчання згідно з Європейською кредитно-трансферною системою (ECTS), яка є важливим кроком в інтеграції української вищої освіти в європейський освітній простір і дозволяє забезпечити якість освіти на рівні, що відповідає міжнародним стандартам. О. М. Спіріним було розроблено теоретичні та методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики згідно з кредитно-модульною системою навчання [140].

У другому десятилітті 2000-х років в Україні здійснюється реформа вищої освіти, яка передбачає нову модель підготовки вчителів. Її основною метою якої є формування вчителя нового покоління, здатного до інноваційного підходу у викладанні інформатики.

Нині підготовку учителів інформатики в Україні здійснюють галузеві (педагогічні) та багатогалузеві («класичні») ЗВО. У них базовою спеціальністю підготовки зазначених фахівців є «014.09. Середня освіта (Інформатика)». Існують й інші спеціальності, узгоджені з Міжнародною стандартною класифікацією, що об'єднують споріднені освітні програми та передбачають спільні вимоги до компетентностей і результатів навчання випускників [115]. Відповідно підготовку вчителів інформатики здійснюють і в межах інших спеціальностей, як додаткова (Спеціальність 014 Середня освіта (Математика / Фізика / Хімія / Трудове навчання та технології)). Поняття «майбутній учитель інформатики» трактуватимемо як здобувач освіти першого (бакалаврського) або другого (магістерського) рівня, в освітньо-професійній програмі підготовки якого присутня предметна спеціальність «Інформатика». Станом на початок 2023 року в Україні все ще розробляють державний стандарт підготовки вчителя інформатики. Отже, університети керуються розробленими власноруч освітньо-професійними програмами. ЗВО розробляють власні оригінальні освітні програми, які модернізують процес зміст підготовки майбутніх учителів інформатики через предметні спеціалізації. До таких освітніх

програм належать ОПП «014.09 Середня освіта (Інформатика) зі спеціалізаціями «Основи STEM-навчання» (ТНПУ імені Володимира Гнатюка), Програмування «КДПУ», «Освітня робототехніка і комп'ютерний дизайн» (НПУ імені М. П. Драгоманова). Проаналізуємо зміст освітніх програм у контексті застосування хмаро орієнтованих систем навчання та підготовки учителів інформатики до застосування цих систем у майбутній професійній діяльності. До аналізу ми залучили доступні в мережі інтернет ОПП та ОНП провідних педагогічних і деяких «класичних» університетів (ЖДУ імені Івана Франка, Криворізького державного педагогічного університету, НПУ імені Михайла Драгоманова, ТНПУ імені Володимира Гнатюка, ЧНУ імені Федьковича). Практично в усіх проаналізованих ОПП безпосередньо чи опосередковано присутнє застосування технологій хмарних обчислень як засобу навчання. Наприклад, у ОПП бакалаврського рівня НПУ імені Михайла Драгоманова засобами інформаційного та навчального забезпечення зазначено розроблені електронні навчальні курси, дібрані МООС курси, відкриті електронні ресурси, хмарні сервіси, електронні та друковані наукові видання [105].

Серед цілей навчання бакалаврів автори ОПП виділяють розвиток здатностей розв'язувати складні спеціалізовані задачі в галузі освіти, інформатики [100]. Зокрема, у них компетентності проєктувальника, розробника комп'ютерних систем та адміністратора навчальних комп'ютерних систем, аналітика з комп'ютерних комунікацій, аналітика програмного забезпечення та мультимедіа, проєктувальника баз даних, фахівця з розроблення та тестування програмного забезпечення, які є необхідними для роботи в ІТ-службах підприємств і організаціях різних галузей і форм власності [101]. Програма ЧНУ імені Федьковича передбачає професійну підготовку майбутніх учителів інформатики та математики з розвинутими високотехнологічними освітніми компетенціями та навичками ХХІ століття засобами використання сучасних інформаційних, хмарних, цифрових та комунікаційних технологій [97]. У зазначених документах можна знайти вимоги щодо володіння методикою та

інноваційними технологіями навчання інформатики, до яких, поза сумнівом, належать і хмарні технології [106], [102].

Спрямування освітніх програм магістерського рівня зосереджується на застосуванні здобувачами в майбутній професійній діяльності інформаційних технологій в освіті, систем дистанційного навчання. Їх розробники також акцентують увагу на формуванні в магістрантів компетентностей методології наукової та/або професійної діяльності, достатніх для ефективного виконання завдань інноваційного характеру відповідного рівня професійної діяльності, а також здатностей до розроблення та управління складними об'єктами на основі інформаційних систем.

У більшості програм присутні вимоги щодо підготовки майбутніх учителів інформатики до проєктування, адміністрування та застосування технологій хмарних обчислень. У деяких [100] вони зазначені безпосередньо як предметна галузь або спеціалізація (див. Додаток А).

Зазначені твердження конкретизуються в спеціальних (фахових) компетентностях та програмних результатах навчання. Серед фахових компетентностей ОПІ ТНПУ імені Володимира Гнатюка визначено здатність адмініструвати операційні системи, розробляти та впроваджувати комп'ютерні програми (технології) та використовувати наявні, проєктувати програмні комплекси, бази даних, вебдодатки за допомогою відповідного програмного та комп'ютерного технічного забезпечення, здійснювати налаштування та адміністрування комп'ютерних мереж, у тому числі навчальних комп'ютерних мереж, визначати методику пошуку ефективного технічного рішення [100]. ОПІ першого рівня вищої освіти, розроблена в Криворізькому державному педагогічному університеті, визначає програмування як додаткову спеціалізацію [101]. Відповідно однією з базових спеціальних компетентностей у підготовці здобувачів авторами визначено здатність проєктувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм. Сучасний стан розвитку технологій хмарних обчислень дозволяє ефективно вирішувати поставлені завдання. Наприклад, ті з них, що працюють згідно з моделлю «платформа як

сервіс», може бути використано в процесі розроблення та тестування програмного забезпечення.

Схожі фахові компетентності присутні в ОПП бакалаврського рівня, розробленій фахівцями ЖДУ імені Івана Франка, – здатність проектувати та адмініструвати комп'ютерні мережі. Розгортання хмарних інфраструктур є доцільним у процесі навчання майбутніх учителів інформатики моделюванню роботи та проектуванню комп'ютерних мереж.

Відповідно серед програмних результатів навчання визначено вміння та навички застосування в професійній діяльності принципів функціонування, налагодження та адміністрування комп'ютерних мереж, використання інструментальних засоби розроблення клієнт-серверних застосувань, уміння використовувати хмарні технології та засоби вебпрограмування для розв'язування професійно-орієнтованих задач [100], [103], [104].

У фахових компетентностях, визначених багатьма ОНП магістерського рівня (ЛНУ імені Івана Франка, ЖДУ імені Івана Франка, ТНПУ імені Володимира Гнатюка), присутні здатності проектувати, створювати та розгортати сучасні засоби навчання, використовуючи цифрові, зокрема і хмарні технології. Основне призначення цих процесів полягає в управлінні та забезпеченні якості навчально-виховного процесу закладів середньої освіти [99], [107], [98].

Аналіз вітчизняних публікацій з проблематики підготовки ІТ-фахівців і вчителів інформатики до застосування хмарних технологій свідчить про їх актуальність [345], [142]. Зокрема, О. М. Спирін, аналізуючи фахові ІКТ-компетентності випускника спеціальності «Інформатика», серед іншого зазначає, що здобувач має бути здатним виконувати функції з обслуговування та адміністрування корпоративної комп'ютерної мережі, зокрема мережі загальноосвітнього навчального закладу; а також спроможним розробляти, модернізувати, підтримувати офіційний вебсайт школи та виконувати функції модератора; уміти користуватися сучасними інформаційними базами даних і системами управління навчальним процесом закладу середньої освіти [139].

Частину цих завдань реалізують через розвиток компетентностей з системного адміністрування, які за сучасних умов трансформуються в здатності управління хмаро орієнтованими засобами, зокрема такими, як системи управління навчанням, вебсайти, канали відеохостингу тощо. Трендом розвитку інформатичної освіти останніх років є інтегративний підхід відповідно до концепції STEM [346]. Науковці вважають хмарні технології «каталізатором» розвитку STEM-освіти. Твердження обґрунтовується впровадженням інфраструктури хмарних обчислень STEM-дисциплін для створення в режимі реального часу автентичного навчального середовища. Таке навчання залучає студентів до вивчення предметів і сприяє чіткому розумінню основних наукових концепцій [292]. Як наслідок, спостерігається вдосконалення освітніх програм спеціальності «Середня освіта (Інформатика)» через присвоєння додаткових кваліфікацій на зразок «фахівець зі STEM-навчання» або «керівник гуртка робототехніки». Українським науковцями описано досвід співпраці Cisco Networking Academy, Code Club UA, Center BOTEON Robotics, BrainBasket Foundation, які розробляють освітні програми з навчання 3D-моделюванню, робототехніці, кібербезпеки, хмарних технологій тощо [95].

Аналіз процесів викладання та навчання в закладах загальної середньої освіти дозволяє виділити такі потреби практикуючих учителів інформатики [272], [428], [139], [180]:

- необхідність доступу до сучасної IT-інфраструктури, яка забезпечує можливість провадити освітній процес незалежно від розташування його учасників, використовуючи потрібне програмне забезпечення;
- забезпечення кваліфікованої підтримки у виконанні технічних, організаційних і методичних завдань;
- потреба в доступі до навчальних матеріалів та онлайн-курсів, які допомагають викладачам стежити за останніми тенденціями і галузі інформатики та підтримувати свої знання й навички на потрібному рівні;
- наявність навчальних матеріалів і відкритих онлайн-курсів для розвитку фахових компетентностей, що відповідають рівню технологічних

змін і потребам освітнього процесу;

- потреба в співпраці та спілкуванні з колегами, які сприяють взаємовпливу й обміну досвідом;
- забезпечення доступу до результатів наукових досліджень, зокрема щодо впровадження в навчальний процес інноваційних технологій і методик;
- наявність підтримки та сприяння від адміністрації закладів освіти щодо забезпечення необхідних ресурсів та ІТ-інфраструктури.

Щодо технологій хмарних обчислень, то, як засвідчило опитування практикуючих вчителів інформатики, суттєвими є адміністративні (недостатня увага до проблеми використання хмарних технологій з боку адміністрації закладу, відсутність моральних і матеріальних стимулів) та технічні (застаріла матеріально-технічна база школи, відсутність технічної підтримки) перешкоди, що супроводжують процеси розгортання та супроводу ХОСН у ЗЗСО [337].

У контексті нашого дослідження базовим є розроблення методики підготовки майбутніх учителів інформатики до застосування хмарних технологій у майбутній професійній діяльності. Зазначену задачу частково розв'язали О. М. Спірін та Т. А. Вакалюк у контексті формування відповідних компетентностей у бакалаврів інформатики. До зазначеної цільової категорії належать не лише вчителі інформатики, а й здобувачі освіти з галузі знань «12. Інформаційні технології». Дослідники пропонують авторський факультатив «Хмарні технології в освіті» як основну форму розвитку інформатичних компетентностей. Основні його завдання полягають у забезпеченні формування в майбутніх програмістів і вчителів інформатики свідомого та відповідального ставлення до теоретичних і практичних основ використання хмарних технологій в освіті; формування в студентів теоретичних знань і практичних навичок використання хмарних технологій; принципів хмарних обчислень; ознайомлення майбутніх програмістів і вчителів інформатики з характеристиками та функціональними можливостями хмарних сервісів; навчання студентів на практиці застосовувати одержані знання з розроблення додатків у хмарних сервісах; закріплення на практиці вмінь використовувати хмарні технології в

освіті [142]. Ми погоджуємося з коректністю та вагомістю зазначених завдань. Проте вважаємо за доцільне здійснювати розвиток фахових компетентностей у частині проектування, створення (розгортання), адміністрування та супроводу хмаро орієнтованих засобів навчання та їх інтеграції в межах одного або кількох середовищ.

Провідні вітчизняні науковці досліджують хмаро орієнтовані системи відкритої освіти та науки. М. П. Шишкіна трактує зазначене поняття як сукупність хмарних сервісів, розміщених на єдиній платформі та пов'язаних один з одним інструментарієм, адаптованим під потреби проектування й розгортання відкритих систем навчання і наукових досліджень [156].

Т. А. Вакалюк, М. В. Мар'єнко в межах дослідження проблематики професійного розвитку вчителів природничо-математичних предметів розробили дистанційний курсу «Хмарні сервіси відкритої науки для освітян», основними завданнями якого є вивчення вчителями ІКТ для подальшої організації кожного етапу наукового дослідження; ознайомлення з сервісами спільного опрацювання даних та сервісами спільної роботи над навчальними проектами; розвиток умінь використовувати сервіси відеоконференцій задля організації спільної роботи; вивчення структури хмари відкритої науки та класифікації її сервісів; опанування навичок роботи зі спеціалізованими хмарними сервісами, як інструментами відкритої науки [22]. Базовим поняттям цього дослідження є концепція відкритої науки, яка трактується на основі європейського досвіду. М. В. Мар'єнко описує її як платформу, що об'єднує науково-дослідницькі інфраструктури Європи (включаючи електронні інфраструктури, проекти та колективи науковців) у спільний відкритий науковий простір, де кожен дослідник-користувач матиме доступ до наявних масивів наукових даних, інформації про весь інструментарій та сервіси дослідницької електронної інфраструктури з можливістю їх безкоштовного використання; відомості про зареєстровану дослідницьку інфраструктуру, про наявні програми та проекти, які вже завершені чи розробляються, з можливістю подальшої співпраці [53]. Зазначені підходи потребують розроблення методики підготовки

майбутніх учителів інформатики магістерського рівня, зокрема через міжпредметні зв'язки нормативних дисциплін та елективних спецкурсів.

В. В. Коваленко, систематизуючи результати досліджень, виділяє такі напрями застосування хмаро орієнтованих сервісів відкритої науки педагогічними працівниками [41]:

- самоосвіта та саморозвиток;
- підготовка нових навчальних матеріалів і дослідницьких завдань;
- робота з обдарованими дітьми та добір для них навчально-дослідницьких завдань;
- демонстрація та візуалізація природних і технологічних процесів;
- перевірка учнівських дослідницьких робіт на плагіат.

У процесі використання хмаро орієнтованих освітніх систем виникає можливість удосконалення навчального і наукового співробітництва за рахунок організації спільного доступу до електронних ресурсів, зокрема ресурсів науково-освітніх мереж і відкритих інформаційних систем – бібліотечних, відкритих журнальних систем та систем відео конференцій тощо [120].

Провідні закордонні ЗВО також передбачають підготовку майбутніх фахівців з комп'ютерних наук та вчителів інформатики до застосування хмарних обчислень. Освітні програми зарубіжних університетів розробляються з урахуванням міжнародної стандартної класифікації освіти (ISCED – International Standard Classification of Education), яка забезпечує комплексну основу для організації освітніх програм на основі їх рівня, змісту та передбачуваних результатів навчання [276]. Незважаючи на те, що класифікація ISCED не є нормативною, вона є основою для аналізу та порівняння системи освіти в різних країнах. Щодо підготовки учителів інформатики, то класифікація визначає бакалаврат і магістратуру як перший та другий ступені їх професійної підготовки (рівні 6, 7 ISCED). Документ пропонує навчання зазначеної категорії здобувачів у галузі освітніх наук (категорія ISCED 14) та інформаційних технологій (категорія ISCED 81).

У США існують кілька моделей підготовки учителів. Перша, яку умовно можна назвати «західною», передбачає концентрацію професійної підготовки на останньому році навчання бакалавра або магістра. Тобто майбутній учитель, як фахівець з певної дисципліни, розвиває компетентності, потрібні для провадження освітньої діяльності. Протягом цього року студенти поглиблено вивчають питання з педагогіки та психології, а також практикуються в навчальних закладах. Інша модель передбачає професійну підготовку протягом усіх років навчання. Вона характерна для спеціалізованих (педагогічних) закладів чи факультетів [171]. У цьому моделі нагадує систему підготовки учителів в Україні. Сертифікацію американських учителів здійснюють педагогічні відділення коледжів та університетів або інших освітніх центрів.

Однією із сучасних тенденцій розвитку освіти у США є перехід до здійснення викладацької діяльності фахівцями, що отримали магістерський ступінь. Зазначена вимога стосується як основної, так і старшої школи. Іншою тенденцією розвитку загальної та вищої освіти в США є зосередження уваги на математиці та природничих предметах.

Ще на початку 2000-х років комісія під керівництвом колишнього астронавта Джона Глена дійшла висновку, що успішність американських учнів з математики та природничих наук є неприйнятною. У доповіді з назвою «Доки не пізно» провідні науковці, бізнесмени, політики та педагоги радили серед галузей суспільства надати найвищий пріоритет освіті, забезпечити її потужне фінансування, здійснити залучення молодих учителів, удосконалення навчальних програм відповідно до високих стандартів, застосування ефективних та інноваційних методів навчання [184]. Як наслідок, нині серед стандартів підготовки педагогів у США освіта вчителів математики та природничих наук є базовою (пріоритетною) [308], [375]. Оскільки математика є базою для багатьох дисциплін, то такий підхід створює сприятливі умови у викладанні комп'ютерних наук. Саме тому США є одним з лідерів із впровадження ідей STEM в освіту школярів.

Незважаючи на децентралізацію освіти, у США існують стандарти навчання комп'ютерних наук у середній і старшій школі. Проте вони можуть відрізнятись у різних штатах.

Одним з альтернативних способів сертифікації є виконання системи тестів. Прикладом такого підходу є Praxis. Тест Praxis з комп'ютерних наук призначений для оцінки знань і компетентностей з інформатики, необхідних молодому вчителю інформатики основної школи. Передбачається, що виконавці тесту, як правило, закінчили бакалаврську програму, у якій інформатика є основною або додатковою спеціальністю.

Майбутній учитель має розуміти концепції інформатики та працювати з ними, використовувати алгоритми й алгоритмічне (обчислювальне) мислення, працювати з кодом, маніпулювати даними та продемонструвати знання обчислювальних систем і мереж.

Тест не розроблений для узгодження з будь-якою конкретною навчальною програмою з інформатики, але він призначений для узгодження з рекомендаціями національних досліджень з навчання інформатики, зокрема з «K 12 Computer Science Framework» [281], «Computer Science Standards» асоціації вчителів інформатики [162] та «International Society for Technology in Education (ISTE) Standards for Computer Science Educators» [278]. Тести Praxis проводять через міжнародну мережу тестових центрів, яка включає центри тестування Prometric, деякі університети та інші організації.

Коротко проаналізуємо змістові вимоги тесту Praxis стосовно застосування вчителями інформатики хмарних технологій. У розділі «Вплив комп'ютерної техніки» передбачено знання відмінностей і компромісів між локальним і хмарним зберіганням даних. У розділі «Комп'ютерні системи та мережі» присутні більш конкретні компетентності: розуміння та застосування знань операційних систем, комп'ютерних систем, зв'язку між пристроями, а також концепції хмарних обчислень. Тобто на сьогодні стандарт передбачає вивчення й викладання хмарних технологій як парадигми та альтернативи «класичній» обробці даних та локальному збереженню даних. Учителі мають бути здатними

визначати переваги та недоліки зазначених систем і сервісів з точки зору продуктивності, вартості, безпеки, надійності та співпраці. Частина тесту, що передбачає обговорення, пропонує учасникам сертифікації відповідати на запитання на зразок «Чи можете ви навести приклади даних, які зберігаються локально? Чи можете ви навести приклади даних, які зберігаються в хмарі? Ви можете описати переваги та недоліки локального та хмарного зберігання даних?» [357].

У стандартах підготовки американських учителів з різних дисциплін чимало уваги приділяється реалізації роботи в команді, що реалізується через розвиток «м'яких навичок», розширення співпраці викладачів для інтеграції цільової, змістовної та процесуальної складових освітнього процесу.

У чинному американському загальноосвітньому стандарті CSTA 2017 року також присутні інформатичні компетентності щодо використання учнями хмарних технологій. Зокрема, для рівня 3A-CS-02 (старша школа, розділ «Комп'ютерні системи») передбачено здатність порівнювати рівні абстракції та взаємодії між прикладним програмним забезпеченням, системним програмним забезпеченням і рівнями апаратного забезпечення. Демонстрацію функціонування системного програмного здійснюють з використанням багатьох різних типів пристроїв, таких як смарт-телевізори, допоміжні пристрої, віртуальні компоненти, хмарні компоненти та дрони. Для рівня 3A-DA-10 (старша школа, розділ «Аналіз даних») стандартом передбачено здатність добирати цифрові засоби для розв'язання конкретних проблем. Учні повинні бути спроможні оцінити, наскільки обрані технології підходять для конкретної проблеми. Вони мають бути здатні розглянути співвідношення вартості, швидкості, надійності, доступності, конфіденційності та цілісності між зберіганням даних на стаціонарному, мобільному пристроях і в хмарі [162].

Система підготовка учителів інформатики в багатьох країнах ЄС є схожою до системи Сполучених Штатів. Наприклад, у Нідерландах існують центри академічного навчання та викладання (UOCG – University Center for Academic Learning and Teaching). Вони пропонують освітні програми підготовки учителів

(зокрема й інформатики) на основі класичної університетської освіти. Дворічна програма магістра в галузі освіти містить розширений компонент стажування та курсів підготовки вчителів інформатики, що доповнює академічні курси університету. Згадані центри забезпечують стажування майбутніх учителів у середніх школах, тоді як роль університету є переважно наглядовою [260]. Шкільний курс інформатики має на меті дати студентам розуміння ІТ-концепцій, а також відчуття їхнього потенціалу та обмежень щодо використання цифрових технологій, заохочуючи при цьому спільне навчання на основі проєктної діяльності. Як наслідок, підготовку вчителя інформатики стандартизовано відповідно до цих вимог. Крім значної кількості кредитів, відведених для вивчення програмування, студенти в Нідерландах вивчають апаратне та програмне забезпечення, мережі, аналіз інформації та бази даних, розроблення систем, управління проєктами, а також соціальні та етичні питання застосування цифрових технологій.

На ринку праці Великої Британії вчителі природничих наук, технологій і математики (STEM-дисциплін) є доволі затребуваними як для середньої, так і для вищої освіти. Для отримання кваліфікації вчителя інформатики (Qualified Teacher Status) університети пропонують магістерські програми з можливістю подальшого навчання в аспірантурі [424]. Для того щоб почати навчання за такою програмою, бажано мати диплом бакалавра з комп'ютерних наук. Якщо ж здобувач має диплом бакалавра в іншій галузі знань, йому доведеться скласти додатковий іспит зі спеціальності.

Модель підготовки учителя інформатики в Польщі передбачає одержання бакалаврського або магістерського диплому з комп'ютерних наук. По закінченню навчання випускник є дипломованим ІТ-фахівцем. Проте для того, щоб викладати інформатику закладах середньої або вищої освіти, йому / їй слід закінчити курси за напрямом «Педагогіка».

Дослідження польського досвіду підготовки фахівців з інформатики, проведене українськими науковцями А. І. Кузьмінським, О. В. Кучаєм, О. А. Бідою, свідчить, що питання адміністрування комп'ютерних мереж і

хмарних інфраструктур присутнє в програмах підготовки ЗВО, зокрема Куявської вищої школи у Влоцлавку та Радомського техніко-гуманітарного університету імені Казимира Пулавського. У зазначених закладах вивчають питання функціонування комп'ютерних мереж, розгорнутих у корпоративних хмарах, сучасних серверних платформ, їх адміністрування, конфігурування та обслуговування. Окрему увагу зосереджено на ознайомленні студентів з теоретичними основами та принципами адміністрування мереж. Формування навичок конфігурування комп'ютерних мереж здійснюється на основі популярних вебсерверів Apache HTTP та Microsoft Internet Information Service. Дослідники зазначають, що в Польщі компетентнісний підхід є базовим у підготовці вчителів інформатики. Як наслідок, педагоги мають не просто «передавати» свої вміння з комп'ютерних наук, а формувати готовність здобувачів до життя у світі в нову «цифрову» епоху [44].

Як показує щоденний досвід, у сучасному світі хмарні технології присутні в багатьох галузях життя — від збереження даних у смартфоні до обробки великих даних, віртуальних мережних інфраструктур, інтелектуальних систем розумних будівель та міст. Усі ці засоби розроблено, щоб полегшити життя людини, зробити його більш комфортним. Німецькі науковці Андреас Зендлер Пітер Хубвізер слушно зауважують, що справжнє розуміння роботи всіх цих технологій і повноцінне володіння ними виходить за рамки простого застосування. Воно потребує фундаментальних знань з інформатики, які неможливо отримати випадково. На основі авторського дослідження науковці пропонують консолідувати моделі навчальних програм з інформатики, як це було започатковано Болонським процесом, врахувавши стандарти розроблені організаціями АСМ (Асоціація обчислювальної техніки), AIS (Асоціація інформаційних систем), комп'ютерного товариства IEEE [433].

Можемо констатувати, що в розвинених країнах переважає підхід перекваліфікації ІТ-фахівців шляхом навчання за освітніми програмами з педагогіки та методики навчання інформатики, а також через набуття реального досвіду викладання під час практик у школах, коледжах тощо. Проте навіть у цих

країнах спостерігається деякий «дефіцит» кваліфікованих учителів інформатики. На жаль, в Україні така ситуація є швидше винятком. За фінансовими можливостями освітня галузь поки не може конкурувати з ІТ-сектором. З огляду на це доцільним є аналіз вимог міжнародних стандартів підготовки ІТ-фахівців у контексті навчання хмарних технологій, а також їх реалізації в освітніх програмах університетів.

Документ Computing Engineering Curricula 2016, що використовують у процесі розроблення стандартів ІТ-освіти, містить такі компетенції спеціаліста з хмарних обчислень [207]:

- розуміння принципів роботи, переваг і загроз використання хмарних технологій (код CE-NWK-7 – Мережні додатки);
- здатність використовувати хмарні технології для розгортання високопродуктивних комп'ютерних систем (CEF704 – High Performance Computing).

Документ «Computing Curricula 2020», який використовують, розробляючи стандарти ІТ-освіти в галузі хмарних обчислень (ITS-CCO Cloud Computing), передбачає вивчення таких розділів [208]:

- ITS-CCO-01. Вплив та перспективи розвитку хмарних обчислень;
- ITS-CCO-02. Концепції та основи хмарних обчислень;
- ITS-CCO-03. Безпека та дані у хмарі;
- ITS-CCO-04. Використання програм для хмарних обчислень;
- ITS-CCO-05. Архітектура хмар.
- ITS-CCO-06. Розробка хмарних сервісів.
- ITS-CCO-07. Хмарна інфраструктура та дані.

Застосування хмарних технологій залежить від спеціалізації ІТ-фахівця. Рольові профілі європейських спеціалістів з ІКТ опубліковано Європейським комітетом стандартизації (CEN – фр. Comité Européen de Normalisation). Вони містять загальний набір типових ролей, які виконують ІТ-фахівці в будь-якій організації, охоплюючи весь спектр бізнес-процесів ІКТ відповідно до Європейської системи ІКТ-компетентностей (e-CF). Нині існує 30 профілів, яку

будь-яка організація може використати як основу для розроблення власних профілів ІТ-фахівців [270].

Проаналізуємо кілька профілів, які відповідають предмету нашого дослідження (див. таблицю 1.3.1). Обов'язки фахівця з мереж є важливими в контексті забезпечення швидкого та надійного доступу до хмарних сервісів як складників ХОСН. Якщо в ЗВО розгорнуто власну корпоративну хмару, то продуктивність мережі важлива в контексті роботи з віртуальними комп'ютерами здобувачів, а також їх доступу до хмарної інфраструктури ззовні університету. Функції системного адміністратора пов'язані з щоденним обслуговуванням хмарної інфраструктури. Було б добре, якби цей процес мав планомірний, системний характер, а всі дії документувалися. Процеси проектування та розгортання ХОСН вимагають іншої кваліфікації фахівця – як мережного (хмарного) архітектора. Він має бути спроможним оцінити завдання системи, провести аналіз хмарних рішень, спроектувати ХОСН, оцінити її майбутні функціональні можливості.

Незважаючи на наявність ролі фахівця з інформаційної безпеки, відповідні компетентності присутні практично в усіх профілях. Це свідчить про розуміння європейських ІТ-фахівців та розробників стандарту кіберзагроз у сучасному світі. Нинішні хмарні технології, поряд із безсумнівними перевагами, також несуть і нові загрози інформаційній безпеці організацій.

Європейський стандарт профілів ІТ-фахівців передбачає відразу дві «педагогічні» ролі. Перша з них – «цифровий консультант» – пов'язана з дорадчою функцією ІТ-фахівця й дещо перетинається з профілем системного архітектора. Проте консультування передбачає більш аналітичну та комунікаційну функцію. Друга роль – «цифровий освітянин» – містить вимоги щодо навчання та підтримки роботи користувачів. Як показує досвід, практично будь-якому ІТ-фахівцю, що займається проектуванням, упровадженням або супроводом цифрових засобів, доводиться навчати чи консультувати користувачів, як використовувати ці засоби. Висловимо сподівання, що обидва ці профілі будуть близькими для більшості майбутніх учителів інформатики.

Таблиця 1.3.1. Рольові профілі ІТ-фахівців, компетентності яких відповідають завданням проєктування, адміністрування ХОСН ІКТ (відповідно до Європейської системи ІКТ-компетентностей (e-CF))

| Назва | Обов'язки | Складники ІКТ-компетентностей |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Фахівець з мереж | Забезпечує налагодження мережі, включаючи телекомунікаційну та/або комп'ютерну інфраструктуру. Управляє мережною ІТ-інфраструктурою та експлуатує її, розв'язуючи проблеми для забезпечення визначених рівнів обслуговування. Відстежує та покращує продуктивність і безпеку мережі. | <p>Сприяння визначенню політики, філософії та критеріїв проєктування мережі</p> <p>Оцінювання продуктивності мережі, рівня захищеності та їх відповідність стандартам.</p> <p>Дослідження, діагностика та розв'язання мережевих проблем</p> <p>Використання інструментів для керування мережею для визначення навантаження на мережу та моделювання статистики продуктивності</p> <p>Обізнаність щодо законодавства, пов'язаного з безпекою мереж</p> <p>Налаштування захисту мереж від загроз</p> <p>Моніторинг мережі для виявлення й усунення обмежень у передаванні трафіку.</p> |
| Системний адміністратор | Адмініструє компоненти ІТ-інфраструктури відповідно до стандартів і вимог організації. Встановлює програмне забезпечення, налаштовує та оновлює | <p>Дослідження, діагностика та розв'язання системних проблем</p> <p>Встановлення та оновлення програмного забезпечення</p> <p>Проєктування засобів автоматизації задля уникнення</p> |

| Назва | Обов'язки | Складники ІКТ-компетентностей |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | системи ІКТ. Керує повсякденними операціями для забезпечення безперервності обслуговування, відновлення, безпеки та потреб організації у продуктивності. | збоїв та інцидентів. Діагностика та розв'язання апаратних або програмних проблем Дотримання організаційних процедур для забезпечення цілісності та безпеки системи. |
| Системний архітектор | Планує, проєктує та інтегрує компоненти системи ІКТ, зокрема апаратне забезпечення, програмне забезпечення та послуги. Розробляє, інтегрує та впроваджує складні технічні ІКТ-рішення, гарантуючи актуальність процедур і моделей розроблення та їх відповідність загальним стандартам. Стежить за новими технологічними розробками та впроваджує їх. Забезпечує керівництво технологічним дизайном ІТ-інфраструктури. | Визначення та реалізація архітектури комплексних ІКТ-рішень Управління розробленням та інтеграцією компонентів Управління та/або проведення системної інтеграції Забезпечення задіяння політики безпеки в кожному ІКТ-проєкті Аналіз технічних і бізнес-вимог Розроблення та облік вимог щодо зручності використання цифрових засобів. |
| Фахівець з інформаційної безпеки | Забезпечує реалізацію політики інформаційної безпеки організації шляхом безпечного та належного використання ресурсів ІКТ. | Оцінка ризиків, загроз і наслідків інформаційної безпеки та вживання відповідних заходів Забезпечення навчання користувачів з інформаційної безпеки |

| Назва | Обов'язки | Складники ІКТ-компетентностей |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Визначає, пропонує та впроваджує необхідні методи та практики інформаційної безпеки відповідно до стандартів і процедур інформаційної безпеки. Сприяє заходам безпеки, обізнаності та відповідності, надаючи поради, підтримку, інформацію та навчання.</p> | <p>Забезпечення технічної перевірки інструментів кібербезпеки, впровадження, налаштування та керування відповідними інструментами</p> <p>Сприяння визначенню та впровадженню стандартів та процедур інформаційної безпеки.</p> <p>Виявлення та усунення вразливостей безпеки</p> <p>Моніторинг розвитку галузі кібербезпеки для забезпечення постійної ефективності та дієвості процесів і засобів контролю інформаційної безпеки</p> <p>Оцінювання нових загроз і протидія потенційним інцидентам інформаційної безпеки</p> <p>Запровадження методів безпеки для всієї або частини програми, процесу, мережі чи системи в зоні відповідальності</p> |
| «Цифровий консультант» | <p>Підтримує та формує розуміння ролі цифрових технологій у розвитку бізнесу.</p> <p>Веде спостереження за технологіями, щоб інформувати зацікавлені сторони про наявні й нові технології та їхній потенціал для підвищення цінності для бізнесу.</p> | <p>Надання порад щодо оптимізації використання наявних цифрових інструментів і систем</p> <p>Підвищення обізнаності про інновації цифрових технологій</p> <p>Надання рекомендацій щодо розроблення та реалізації бізнес-проекту чи технологічного рішення</p> <p>Участь у визначенні бізнес-обґрунтування потенційних проектів</p> |

| Назва | Обов'язки | Складники ІКТ-компетентностей |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p>Участь в оцінці та виборі цифрових рішень</p> <p>Оцінювання ризиків змін для безперервності бізнесу та інформаційної безпеки</p> |
| «Цифровий освітянин» | <p>Навчає фахівців з метою досягнення ними достатнього рівня цифрової компетенції.</p> <p>Формує знання, навички та переконання, необхідні для того, щоб фахівці могли ефективно виконувати свої професійні обов'язки.</p> | <p>Проведення аналізу потреб у навчанні</p> <p>Розроблення програми відповідно до потреб</p> <p>Створення та/або оновлення наявних навчальних матеріалів (зміст і методи навчання)</p> <p>Адаптація навчального матеріалу третьої сторони для підтримки розвитку індивідуальної компетентності відповідно до потреб організації</p> <p>Проведення ефективного навчання очно, онлайн або неформально.</p> <p>Моніторинг, оцінка та звіт про ефективність навчання</p> <p>Оцінювання успішності студентів і заохочення до постійного професійного зростання.</p> |

Навчання хмарним технологіям присутнє в переліку курсів провідних класичних і технічних університетів США та Європейського Союзу. Одні з них орієнтовано на вивчення окремих хмарних платформ, інші передбачають опанування теоретичних основ хмарних технологій. В одних основним об'єктом навчання є адміністрування, в інших – розроблення хмарних сервісів.

Наприклад, у Гарвардському університеті студентам пропонують здобувачам курс «Основи хмарних обчислень з Microsoft Azure». Зміст курсу охоплює фундаментальну архітектуру та шаблони проєктування, необхідні для створення високодоступних і масштабованих рішень з використанням ключових складників платформи Microsoft Azure як послуга (PaaS) і безсерверних засобів. Основне завдання курсу полягає в розвитку в студентів здатностей і створення готових сервісів для користувачів, що передбачають проєктування хмарної архітектури, аналіз стратегій розгортання, відкату, тестування хмари на виробництві, моніторинг, попередження збоїв, налаштування продуктивності, налагодження знімків, а також аналіз працездатності системи за допомогою аналітичних даних і служб аналізу [243].

Університет Берклі пропонує курс «Хмарні обчислення: Системи». У цьому курсі викладачі описують технологічні тенденції, які вимагають застосування хмарних технологій, архітектуру та дизайн наявних розгортань, послуги та програми, які вони пропонують, а також виклики, які необхідно подолати, щоб забезпечити якнайповніше розкриття потенціалу підходу. Формат цього курсу є поєднанням лекцій, дискусій у стилі семінару та презентацій студентів. Студенти опановують теоретичний матеріал і виконують практичні проєкти [204].

Кембриджський університет запрошує здобувачів вивчати курс «Хмарні обчислення». Цей курс має на меті сформувати в студентів компетентності адміністрування хмарних технологій, охоплюючи такі теми, як віртуалізація, центри обробки даних, керування хмарними ресурсами, хмарні сховища та популярні хмарні сервіси, що забезпечують обробку потоків даних. Основну увагу приділяють серверним технологіям для створення та запуску ефективних

хмар, а також тому, як хмари використовуються програмами для реалізації надання обчислювальних ресурсів на вимогу. Курс містить практичні посібники з різних технологій хмарної інфраструктури. Основною формою оцінювання є виконання студентами «хмарного» курсового проєкту [203].

В Університеті Хельсінкі студенти можуть обрати курс «Основи хмарних технологій: Amazon Web Services (AWS)». Практичний курс про те, яким чином використовувати Amazon Web Services як платформу хмарних обчислень. Теми передбачають вивчення таких її складників: IAM, EC2, EBS, ELB, Lambdas, S3, RDS, DynamoDB, VPC, Route 53, SQS, SNS, SWF, Elastic Beanstalk, CloudFormation, що є аналогічним до сертифікації AWS Developer Associate. Курс передбачає створення і використання пробного облікового запису на платформі AWS [202].

Сльський університет пропонує до проходження курс «Хмарні обчислення та мережі». У цьому курсі студенти знайомляться з критичними технологічними тенденціями та новими викликами в дизайні хмари та центрів обробки даних для різних компромісів продуктивності, масштабованості, керованості та вартості в мережевих рівнях і аналітичних структурах великих даних. Цей курс включає лекції та проєкти системного програмування [205].

Іншим підходом до розвитку компетентностей щодо розроблення та управління хмарними платформами є вивчення відповідних питань у межах проєктів, що виконують у дослідних лабораторіях і навчальних центрах. У Массачусетському технологічному інституті (MIT) функціонує лабораторія паралельних і розподілених операційних систем. У ній викладачі та студенти проводять дослідження в хмарних системах, вивчаючи багатоядерні масштабованості, безпеку, віртуальні мережі, мобільні обчислення; розробляють власні мови, компілятори та архітектуру систем, дотримуючись прагматичного підходу: вони створюють високопродуктивні, надійні та робочі системи [313].

У Каліфорнійському державному технічному університеті (California State Polytechnic University, Pomona) реалізовано проєкт, щодо створення навчального центру обробки даних через галузевий партнерський зв'язок між університетом

і провідними розробниками хмарних платформ (Microsoft, Avanade, Chef, Juniper). Центр займається розгортанням корпоративної хмари, за допомогою якої практикуючі фахівці навчають студентів розроблення, конфігурації, впровадження та супроводу хмарних сервісів і платформ [269].

Українські університети в процесі підготовки майбутніх фахівців також приділяють увагу хмарним технологій. Наприклад, в освітніх програмах спеціальності «123. Комп'ютерна інженерія» визначено здатності фахівця аналізувати та проектувати високопродуктивні комп'ютерні системи з різною структурною організацією з використанням принципів паралельної та розподіленої обробки інформації. Курс «Хмарні технології» викладають на факультеті інформаційних технологій КНУ імені Шевченка. У дисципліні розглядаються базові відомості про виникнення, розвиток і використання технологій хмарних обчислень, типології розгортання хмарних ресурсів (приватні, публічні, гібридні, суспільні тощо), моделі надання послуг хмарних обчислень (SAAS, PAAS, IAAS тощо). У силабусі курсу передбачено огляд сучасних рішень лідерів ринку хмарних обчислень — Amazon, Microsoft та Google. Висвітлюються переваги та недоліки моделей хмарних обчислень і рішень на їх основі, зокрема з економічної точки зору. Для розвитку практичних навичок пропонується розгортання транзакційних вебзастосунків у хмарних середовищах, перенесення на них готових рішень, засвоєння прийомів їх адміністрування та роботи з технологіями віртуалізації [155].

Навчання майбутніх учителів інформатики застосуванню хмарних технологій також є актуальним. В університетах України також вивчають курси, орієнтовані на застосування хмарних технологій в освіті. Переважну більшість із них зосереджено на вивченні загальнодоступних хмарних платформ Google Workspace або Microsoft 365 [21]. Українські ЗВО, як і провідні європейські університети, використовують хмарні платформи для створення власних ХОСН.

Розробленням методики застосування хмарних технологій у навчанні майбутніх учителів інформатики та в процесі їх післядипломної освіти займалися українські дослідники, такі як В. Ю. Биков [14], О. Г. Глазунова [253],

С. Г. Литвинова [47], С. О. Семеріков [305], О. П. Пінчук [112], М. П. Шишкіна [384], О. М. Спирін [142], Т. А. Вакалюк [21] і багато інших.

1.4. Психолого-педагогічні засади застосування хмаро орієнтованих середовищ у закладах вищої освіти

1.4.1. Психологічні особливості діяльності у хмаро орієнтованому середовищі навчання

Важливим кроком на шляху розв'язання проблем доступності та якості навчання є розвиток технологій хмарних обчислень, сервісів адаптивного навчання, віртуального та мобільного навчання. Згадані процеси чинять вплив на організацію процесу навчання та діяльність його учасників [157]. Одним із напрямів впровадження хмарних технологій у навчання є розгортання в ЗВО ХОСН. Як відомо, однією з базових для функціонування хмарних обчислень є технологія віртуалізації. Проаналізуємо вплив на діяльність здобувачів освіти за умови застосування зазначених технологій.

Термін «віртуальний» може вживатися в психологічному, педагогічному та технологічному аспектах. У першому випадку доречно говорити про «віртуальну реальність» як психічне новоутворення, у вигляді інтерактивного, аудіовізуального середовища з високим рівнем достовірності, яке формується внаслідок впровадження інформаційно-комунікаційних, зокрема і хмарних технологій у діяльність особистості. Наприклад, М. Л. Смульсон описує віртуальне навчальне середовище як сукупність контенту, розміщеного в інтернеті (тобто створеного за допомогою програмного забезпечення або комп'ютерних мереж), різноманітних навчальних та інших матеріалів: курсів, як систематичних, що відповідають навчальним програмам середніх і вищих навчальних закладів, курсів підвищення класифікації тощо, так і «не програмних», випадкових, розрізнених, так званих «тренінгових», а також інформаційних матеріалів, навчального контенту на сайтах іншого (найрізноманітнішого) спрямування і в соціальних мережах [137].

Італійський дослідник П'єрпаоло Донаті, досліджуючи вплив сучасних

цифрових технологій на стосунки людей, пропонує концепцію цифрової технологічної матриці, у якій формуються психічні та соціальні ідентичності. Науковець розуміє її як символічну (знакову) систему, що прагне замінити загальноприйняті онтологічні, ідеальні, моральні та інші символічні матриці, що утворюють структуру суспільства. З культурної точки зору цифрова матриця є глобалізованим символічним кодом, з якого створюються цифрові артефакти. Вони спряють витісненню звичних складників діяльності людини через опосередкування міжлюдських стосунків цифровими системами. Зі структурної та практичної точки зору цифрова матриця є комплексом цифрових технологій, заснованих на наукових знаннях і техніці, які складаються з комп'ютерних пристроїв, віртуальних систем тощо). Звичайно, артефакти, створені в цифровій матриці, можуть мати різні форми інтелекту та відповідно більшу чи меншу автономність [228]. Як наслідок, програмне забезпечення в цифровій матриці є частиною культурної системи, а її апаратне забезпечення вписується в соціальні структури, займаючи позиції, які є вузлами в мережах. Дослідник наголошує, що символічний код відіграє головну або домінуючу роль у культурній системі суспільства; матриця є початковою точкою інноваційних процесів через відкриття та винаходи наукових досліджень, які згодом застосовують у нових технологіях.

Щодо процесу пізнання, то технології віртуалізації дають змогу моделювати поведінку об'єктів реального світу в хмаро орієнтованому середовищі. Оскільки пропоновані в нашому дослідженні складники ХОСН призначені для вивчення комп'ютерних наук, то в освітньому контексті «віртуальний» означає об'єкт пізнання, який не існує в реальному світі, проте володіє практично всіма властивостями оригінального об'єкта. Віртуальними можуть бути комп'ютер, мережа, диск, принтер тощо.

Існує кілька психологічних особливостей поведінки індивіда у віртуальному середовищі, серед яких особливу увагу дослідників привертають такі [429]:

- Соціальна (навчальна) дія або її уникнення як схильність індивіда ухилятися

чи брати участь у певній взаємодії з іншими, що відбувається у віртуальному середовищі.

- Оцінка іншого індивіда, яка відображає внутрішнє ставлення, думки чи упередження людини щодо іншої особи. У цих сценаріях невербальна поведінка зазвичай функціонує як неявна міра цих оцінок. Цифрові засоби дозволяють оцінити міжособистісну дистанцію як неявний показник ставлення до членів команди.
- Залученість і увага. Більшість наявних показників уваги та залученості покладаються на виконання учасниками заданого завдання або досвід, який вони самі оцінюють протягом усього сценарію. Цифрові технології дозволяють відстежувати реальні показники уваги та залучення для кращого розуміння їхніх поведінкових проявів.

Складники ХОСН можна розглядати як безперервний континуум навчальних ситуацій, спроектованих так, щоб відповідати континууму хмарних технологій, які забезпечують управління навчальною діяльністю студента [40]. Як свідчить досвід, ефективно організована навчальна діяльність у хмаро орієнтованому середовищі навчання характеризується самостійним пошуком, конструюванням власного освітнього середовища та індивідуальної освітньої траєкторії, самостійною постановкою задач, необхідністю прийняття рішень щодо використання потенційних можливостей середовища, перебиранням на себе функцій управління власною діяльністю [40]. Зазвичай у хмарних лабораторіях як складниках ХОСН відомості з предметної галузі базуються на окремих фактах, а тому обмежені набором заздалегідь передбачених експериментів. Проте широкий спектр можливостей використання спеціального програмного забезпечення для віртуалізації надає унікальні можливості в організації навчального процесу.

У процесі використання інформаційних технологій відбувається опосередкування діяльності новими знаковими системами і засобами. У випадку підготовки майбутнього вчителя інформатики використання технологій віртуалізації відбувається багаторазове «переопосередкування» діяльності вже

опосередкованої іншими засобами. За таких умов можлива як втрата предметного характеру діяльності, так і спотворення її змісту. Зокрема, у діяльності студентів спостерігається проблема ідентифікації, розмежування віртуальних і реальних засобів (комп'ютерів, систем, мереж). Як свідчить досвід, якщо в студентів є можливість вибору використання віртуального комп'ютера через стандартні протоколи або через вебінтерфейс віртуальної лабораторії, вони майже завжди обирають останній спосіб.

Основними проблемами в навчанні, яке опосередковане засобами віртуальних хмарних лабораторій, є брак часу, технічні непорозуміння та відсутність безпосереднього спілкування. Їх подолання можливе завдяки врахуванню часу, необхідного для виконання навчальних завдань; рівня пізнавальних інтересів; динаміки формування узагальнених способів розв'язування задач певного класу; рівня мотиваційної привабливості навчання; використання індивідуального підходу до кожного студента; забезпечення повсюдності та відкритості навчального процесу.

Розглядаючи навчальну діяльність, опосередковану сервісами ХОСН, слід зазначити, що вона забезпечує задоволення чималої кількості потреб студента, зокрема пошуку інформації, вирішення практично-орієнтованих завдань, моделювання роботи комп'ютерних систем). У проєктованих нами ХОСН запроваджується єдина система автентифікації, яка має вплив на ідентифікацію особистості. На противагу взаємодії в інтернеті, у віртуальній лабораторії практично неможливою є анонімність, проте ймовірна просторова нелокалізованість взаємодій, а отже, і можливість візуалізації власного «Я»-образу.

Застосування хмарних технологій загалом та сервісів ХОСН зокрема має чимало позитивних аспектів, серед яких виділимо стимулювання розвитку мисленнєвої діяльності, розвиток логічного, прогностичного, обчислювального та операційного мислення. Це зумовлено тим, що, виконуючи завдання у віртуальному середовищі, студент має спочатку осмислити його, скласти алгоритм і тим самим спрогнозувати процес розв'язання. Позитивними

наслідками також можна вважати розвиток сприймання та пам'яті. Основним позитивним чинником вважаємо формування в студентів позитивної мотивації до пізнання, оволодіння новими інформаційними технологіями.

1.4.2. Синергетичний підхід як основа взаємодії учасників освітнього процесу

За умов реформування освіти України серед основних перспектив підвищення системи підготовки конкурентоздатних фахівців виділяється застосування сучасних цифрових технологій. Сучасні тенденції розвитку цивілізації, зокрема процес цифрової трансформації, стрімкі динамічні зміни техніки і технологій, інтенсифікація інформаційних потоків, розширення та поглиблення знань зумовлюють пошуки нових освітніх формацій для всебічного розвитку людини. Задля ефективного розв'язання сучасних цивілізаційних проблем необхідно створювати середовища для формування особистості, здатної до адаптації та мобільності в мінливих умовах життя, налаштованої на перетворення й підвищення власного рівня професійної компетентності впродовж усього життя. Впровадження цифрових засобів навчання зумовлене становленням інформаційного суспільства, яке пов'язує з розвитком систем відкритої освіти та формуванням нової освітньої парадигми на основі концепції суспільства знань, головною метою якої є особистісний і професійний розвиток, підготовка фахівця до успішної професійної самореалізації в умовах цивілізаційних змін. На думку В. Кременя, саме відкриті моделі освіти передбачають відкритість новому; «інтеграцію всіх способів освоєння людиною світу; розвиток і включення в процеси освіти синергетичних уявлень про відкритість світу, цілісність і взаємозв'язок людини, природи і суспільства; звернення до світоглядних і смислових моделей; вільне користування різними інформаційними системами, які сьогодні відіграють не меншу роль в освіті, ніж навчальний процес» [42].

Поширення принципів відкритої освіти найочевидніше виявляється в тому, що вимоги відкритості стають стандартом діяльності окремих освітніх установ і цілих національних освітніх систем. Значну кількість навчальних модулів і

цілісних курсів, які розроблюють і використовують як окремі автори, так і авторські колективи освітян, розміщено у відкритому доступі на освітніх ресурсах. Актуалізація взаємодій за допомогою інформаційних технологій дає змогу вивести освіту на рівень активної соціальної творчості та самовдосконалення в процесі співпраці з іншими людьми. На цьому наголошують дослідники систем відкритої освіти В. Биков, В. Кремінь, М. Лещенко, Т. Ійюа, В. Кумар, В. Кухаренко, К. Лінч, О. Овчарук, А. Яцишин та багато інших. Проблеми цифрової трансформації навчального процесу в системі відкритої освіти досліджено в працях М. Жалдака, Ю. Рамського, М. Рафальської, С. Семерікова та ін. Моделювання систем відкритої освіти дорослих розкрито в публікаціях С. Прийми, В. Соколова, А. Мищишена та ін. Встановленню її ролі в суспільному розвитку присвячено наукові дослідження О. Коржилової, О. Королевої, Б. Шуневича та ін.

У контексті дослідження перспектив використання технологій відкритої освіти в освітньому процесі ЗВО важливо орієнтуватись на положення синергетичної концепції, які передбачають перехід від закритої до відкритої системи освіти.

У тлумаченні поняття відкритої освіти переважним є розуміння, що розкриває насамперед її технологічний та інформаційний складники. Одна з найважливіших вимог до освіти – це йти в ногу з часом, не лише не відставати від інформаційного та технічного прогресу, а й органічно вклинюватись у його хід, відповідати його вимогам і вимогам нового суспільства [132].

М. П. Лещенко, А. В. Яцишин підкреслюють, що відкрита освіта є невід'ємною складовою інформатизації суспільства та допомагає подолати традиційну орієнтацію освітніх систем на енциклопедичність освіти, зайву перевантаженість інформаційним і фактологічним матеріалом, далеко не завжди пов'язаним із сучасними запитами й потребами особистості та суспільства [45]. Проте цифрова трансформація породжує свої проблеми, і не лише технічні, а й психологічні, соціальні, політичні. Для їх розв'язання необхідне цілісне філософське їх осмислення, потрібно не тільки досліджувати становлення

«інформаційного суспільства», а передусім позбутися так званого «технократичного» мислення [123]. Нова модель освіти передбачає впровадження інноваційних форм навчання, заснованих на використанні електронних ресурсів, що зорієнтовані на особливості інформаційного суспільства, його культуру й потреби. У цьому аспекті створення навчальних середовищ є стратегічним напрямком розвитку системи відкритої та дистанційної освіти.

Нині суспільство асоціює відкриту освіту з політикою «відкритих дверей», вступом без конкурсу та переважно дистанційним навчанням, можливістю отримання освіти незалежно від місця проживання, вибору викладачів і формування освітньої траєкторії розуміє.

У колективній монографії «Відкрита освіта. Колективний розвиток освіти через відкриті технології, відкритий контент і відкриті знання» [271] зазначено, що не слід ототожнювати відкриту освіту з дистанційною або називати її «альтернативною освітою», яку провадять за допомогою комп'ютерних і комунікаційних засобів. Автори вважають, що не варто зводити відкриту освіту лише до відкритого доступу до навчальних і освітніх матеріалів. Оскільки відкрита освіта має комплексний характер, то її визначальні риси групуються навколо понять наочності, соціальної взаємодії, спільного творення цілей і моделей та безперешкодного доступу до ресурсів. Отже, відкрита освіта реалізує певну парадигму, в основі якої реалізовано принципи доступності, особистого вибору, свободи планування навчання, свободи у виборі місця й термінів навчання.

Основними детермінантами відкритої освіти С. Прийма визначає такі фундаментальні категорії як відкритість, відповідальність, свободу вибору та інформацію [113].

В. Ю. Биков зазначає, що відкрита освіта покликана реалізувати права людини на якісну освіту й вільне отримання знань на сучасному етапі розвитку суспільства. На основі цієї парадигми формується система сучасних цілей освіти, які передбачають відповідний розвиток педагогічних систем (передусім

осучаснення змісту освіти, впровадження нових педагогічних технологій, що мають застосовуватися у відкритому навчально-виховному процесі), а також розвиток технологій управління відкритою освітою на всіх її організаційних рівнях. Відкрита освіта – це водночас стратегія й тактика відносин та взаємодії користувачів і виробників освітніх послуг в умовах ринкових відносин, вільного цивілізаційного вибору пріоритетів і дій, в основі якої лежить відкритість як принцип гармонізації культурно-освітнього простору [15].

Тору Пійосі, та М. С. Віджай Кумар у феномені відкритої освіти наголошують на важливості доступності, можливостях вибору та ступенях гнучкості. Ключовим принципом відкритої освіти є розуміння того, що істотно поліпшити освіту можна не лише завдяки «зростанню доступності освітніх ресурсів і засобів», і насамперед провідним є «використання колективного теоретичного і практичного розуму освітньої спільноти» [271].

У системі відкритої освіти значна роль належить процесам самоорганізації, які є предметом синергетики. Саме ідеї самоорганізації, нелінійності, багатоваріантності, незворотності в розвитку, глибинного взаємозв'язку хаосу та порядку (випадковості та необхідності) є основою синергетичного підходу. Освіта як соціальна система та суспільний інститут виявляє відкритість і самоорганізацію. На етапі становлення та розвитку освіти інформаційного суспільства синергетичний підхід спостерігається у суб'єкт-суб'єктному стані інтеграції вчителя та учня (вчитель та учень перебувають у рівному положенні щодо істини), процес передавання знань ініціюється як розкриття учням самого процесу народження знання [25].

Вивчаючи питання становлення синергетичної моделі освіти, згадані дослідники доходять висновку, що відповідна синергетичній парадигмі «відкрита модель» освіти передбачає:

- інтеграцію способів дослідження світу;
- розвиток і застосування у процесі навчання уявлень про відкритість світу, цілісність та взаємозв'язок людини, природи і суспільства;

- вільне використання інформаційних систем, як основних засобів навчальної діяльності;
- особистісну спрямованість процесу навчання;
- постійний пошук та оновлення змісту освіти, формування нових орієнтирів та цілей;
- зміну ролі викладача: перехід до спільних дій у нових, нетривіальних, ситуаціях у відкритому світі, що постійно змінюється.

Розглядаючи теорію відкритих освітніх систем, науковці звертаються до синергетичного підходу. Він передбачає вивчення систем, на основі концепції взаємодії та взаємозалежності їх компонентів та ґрунтується на припущенні, що система не просто складається з окремих елементів, а й є більш складним утворенням, що взаємодіє із зовнішнім середовищем та з іншими системами. Згідно із синергетичним підходом розвиток відкритої освіти проходить впродовж кількох етапів:

1. Розвиток нестійкості. Усталені взаємодії у відкритому освітньому просторі не відповідають соціально-економічним та культурним викликам. Це призводить до розвитку нестійкості, появи освітніх новацій, накопичення різних освітніх програм, накопичення яких має наслідком модифікації усталених стосунків між суб'єктами освітнього процесу.

2. Структурування, зростання впорядкованості, початок стійкого розвитку. Певною мірою зменшується різноманіття і з'являються стійкі форми нових взаємодій між суб'єктами освітнього простору, передумови стандартизації освітніх програм. Загалом на цьому етапі відбувається вибір функціональних схем організації освітнього простору.

3. Досягнення певної межі впорядкованості, період стійкого розвитку. У міру розвитку відкритої освіти відбувається спонтанне підвищення міри її впорядкованості. На цьому етапі важливо зберегти певну ступінь різноманіття, демократичності системи. Загалом, розвиток відкритої освіти є доволі динамічним процесом, у якому по чергово змінюються етапи нестійкості та сталого розвитку.

Л. З. Сердюк у своїй монографії зазначає, що самоорганізація суб'єктів освітньої діяльності потребує визначення засад побудови інтегрованого освітнього середовища. Науковець передбачає, що таке середовище повинне мати значний розвивальний і перетворювальний вплив, зокрема на процеси усвідомленої саморегуляції та самодетермінації учіння особистості [134]. Дослідники зауважують, що навіть інтерактивне хаотичне середовище може бути продуктивним для розвитку творчого мислення. Роль викладача при цьому полягає не в поширенні знань й оцінці правильності суджень, а в спостереженні за ходом міркувань і переведенні процесу навчання з одного рівня на інший (у синергетичному розумінні від єдиної точки рівноваги (констатація факту, ствердження єдиної точки зору) до навчання на межі хаосу) [110].

Різні способи освоєння світу дають можливість багатомірного бачення проблеми. Саме тому сьогодні визначальною тенденцією пізнавального процесу є інтеграція [132]. Нині інтегральний характер навчання в ЗВО забезпечується через компетентнісний підхід підготовки майбутнього фахівця, зокрема й учителя інформатики [35]. Інтеграційні процеси за своїм характером завжди міждисциплінарні, реалізуються через сукупність системно-моделюючих завдань. У процесі навчання майбутніх учителів інформатики в умовах інтеграції різних наук, а також специфіки їхньої професійної діяльності, виникають такі види синергії:

- Кооперативна – виникає в процесі спільної роботи в комп'ютерно-орієнтованому середовищі студентів, які працюють разом над вирішення певної проблеми. Це дає можливість кожному з них спостерігати за процесом творчості інших і стимулювати власну розумову діяльність.
- Управлінська синергія пов'язана зі зростанням ефективності управління, зокрема виникає під час спільної діяльності студентів як здатність розуміти і впливати на соціальне середовище, планувати та організовувати свій час, вибудовувати адекватні стратегії навчання, приймати рішення й розв'язувати проблеми.

- Комунікаційна синергія спостерігається в процесі багатосторонньої взаємодії суб'єктів навчання через обмін результатами пізнавальної діяльності між студентами та викладачем, як ефект підсилення наявних і формування нових комунікативних навичок.
- Мотиваційна – виникає унаслідок співробітництва та взаємодопомоги; передовсім зорієнтована на внутрішню мотивацію, ґрунтується на радості під час здобуття знань та успіхах у пізнанні нового.
- Стратегічна виявляється в можливості проєктування власної траєкторії особистісно-професійного розвитку, студент із пасивного об'єкта навчання перетворюється в активну особистість, яка знає, чого хоче досягнути в професійній діяльності та адекватно оцінює свої здібності, відповідальна за свої рішення.
- Операційна синергія – як ефект розвитку та нових складників соціально-професійних компетентностей, які зазвичай формуються лише в процесі спільної діяльності студентів.
- Розвивальна виникає завдяки можливостям комп'ютерно-орієнтованого середовища, що забезпечують ефективний науковий пошук та спільну активну діяльність, коли оволодіння вміннями одних студентів сприяє засвоєнню іншими способів професійної діяльності та особистісному саморозвитку.
- Рефлексивна синергія виявляється в необхідності осмислення своєї діяльності у новому інформаційному середовищі, як результат розвитку уміння студентів бачити альтернативні шляхи розв'язання проблем, подолання стереотипів, навчання на основі минулого досвіду.

Взявши за основу результати дослідження [25], зазначимо, що впровадження синергетичного підходу процесу підготовки майбутніх учителів інформатики має характеризуватися:

- відкритістю освітнього процесу і змісту навчального матеріалу для інновацій, які пропонують не лише викладачі, а й студенти та зовнішні

стейкхолдери; зазначені інновації стосуються як технологій, так і методик навчання;

- переходом від орієнтації на відтворювальні навчальні завдання до орієнтації на продуктивну практичну діяльність, зокрема з використанням групових та проєктних методик;
- заміною суб'єкт-суб'єктних стосунків викладача і студента на взаємини вільної співпраці заради розвитку й пізнання;
- дотриманням викладачами принципів індивідуального підходу до студентів;
- співробітництвом, співтворчістю, взаємною допомогою всіх учасників освітнього процесу.
- відсутністю межі професійного вдосконалення, визнання здобутків студентів, зокрема і можливого їх більш високого рівня порівняно з викладачем.

О. А. Дубасенюк пропонує поєднати ідеї синергетичного підходу з акмеологічною концепцією, що визначає теоретичні засади професійно-педагогічної підготовки майбутніх учителів. Її основу становлять принципи самореалізації творчого потенціалу зрілих людей та шляхи досягнення людиною результату діяльності в конкретних галузях. У цьому контексті авторка пропонує розвивати у ЗВО так зване акмеологічне середовище навчального закладу, як простір, у якому здійснюється навчально-виховний процес та науково-дослідницька діяльність здобувачів, для яких створені необхідні й достатні умови щодо самореалізації творчого потенціалу на шляху до вищих досягнень та професійної досконалості. Ядром акмеологічного середовища мають є суб'єкти педагогічного процесу (викладачі-дослідники, творчо орієнтовані студенти, магістранти, аспіранти) [121].

Як свідчить дослідження, ефективним для розвитку алгоритмічного (обчислювального) мислення учнів та студентів є застосування ідей синергетичного підходу до навчання [275]. Наприклад, американські науковці створили модель відкритого навчального середовища, яке підтримує

синергетичне вивчення STEM-дисциплін та обчислювального мислення. У середовищі студенти мають свободу вибору й координації використання різних інструментів під час створення та тестування своїх моделей.

Проте відкритий характер середовища ускладнює інтерпретацію дій студентів. Щоб розв'язати цю проблему, дослідники спроектували модель діяльності здобувача у середовищі; визначили критерії та показники результативності й узгодженості діяльності для оцінювання навчальних досягнень студентів [183]. Існують думки, що цифрові освітні середовища сприяють підвищенню результативності навчання, але поряд з цим знижують рівень свободи студентів, зменшуючи рівень їх мотивації. Експериментальне дослідження [359] вказує на необхідність розуміння того факту, що не всі види спільної діяльності можна поєднати. Науковці доходять висновку, що навчання за допомогою визначених процедур співпраці в середовищі істотно не впливає на мотивацію, а відповідні сценарії дозволяють учням використовувати різні переваги спільної діяльності. Крім того, на результативність навчання має вплив так звана «інфляція оцінок». Синергія тут може бути основою для усунення зазначеного недоліку завдяки його багатofакторності та інтегрованості підходів, а також розробленню скоординованих дій, які зробили б оцінювання менш трудомістким і формальним завданням.

Застосування концепції синергії в поєднанні з технологіями дистанційного навчання має наслідком розвиток концепції змішаного (комбінованого) навчання. Науковці розглядають його як синергетичну концепцію (систему ідей, теорій, моделей, рівнів, методів і засобів організації освітньої діяльності), що характеризується новим баченням процесу та результативності навчання. Аналогічно до синергетичного підходу, така взаємодія передбачає трансформацію ролей суб'єктів навчального процесу: викладач набуває статусу куратора, фаліситатора на шляху здобуття студентом індивідуального навчального досвіду в спеціально організованому освітньому середовищі [30].

Нині в літературі використовують кілька термінів, серед яких гібридне, змішане, інтегративне, змішане навчання, технологічно опосередковане

навчання, розширене вебнавчання, змішане навчання. Основні тлумачення поняття такі:

1. Навчальний процес, який поєднує традиційні та інноваційні технології – електронне, дистанційне, мобільне навчання.
2. Комбіноване навчання поєднує різні педагогічні підходи (наприклад, конструктивізм, біхевіоризм, когнітивізм) для досягнення оптимального ефекту.
3. Комбіноване навчання поєднує технологічні засоби навчання та очне навчання під наглядом викладача.
4. Комбіноване навчання поєднує традиційне навчання з виконанням практичних професійних завдань.

Нині дослідники схильні розглядати змішане навчання як синергетичну концепцію (систему ідей, теорій, моделей, рівнів, методів і засобів організації навчальної діяльності), що характеризується новим баченням процесу та результатів навчання.

Ще одним сучасним трендом освіти, що виник внаслідок впровадження ідей синергії, є ігровізація (гейміфікація) навчання. Аналогічно до створення комп'ютерної гри, яке потребує співпраці багатьох фахівців, розроблення навчальної дисципліни за принципами геймдизайну дає можливість створити синергію методики навчання, ігрової кіберкультури, проектної діяльності та маркетингу. Основою такого підходу є процес формалізації та структуризації дисципліни з подальшою їх творчою трансформацією в ігровий світ [51]. У цьому випадку ХОСН може бути трансформовано в середовище гейміфікації.

Можемо висловити гіпотезу про те, що впровадження ідей синергетичного підходу, поєднане із застосуванням складників ХОСН, зумовить зростання ефективності використання навчальних ресурсів, розвиток здатності до генерування ідей та використання новацій здобувачами. Це, своєю чергою, сприятиме подоланню суперечностей між фундаментально-природничими та соціально-гуманітарними парадигмами та побудові ефективної моделі підготовки майбутніх фахівців.

1.4.3. Масові відкриті онлайн-курси як форма надання освітніх ресурсів

Нині, у часи повномасштабного вторгнення РФ та в період пандемії Covid-19, електронне навчання відіграє важливу роль в організації процесу підготовки фахівців України. Сучасні цифрові технології зробили так, що навчання більше не обмежується стінами класу чи аудиторії. Розвиток ідей відкритої освіти спричинив зростання популярності неформальної освіти. Одним з основних інструментів згаданого підходу є інструментом є масові відкриті онлайн-курси (МВОК – англ. MOOC), сучасна форма організації та надання навчальних та освітніх ресурсів.

Сьогодні концепція електронного навчання, окрім технологій, охоплює навчальні стратегії, методи навчання, а останнім часом спрямована на широкі можливості розповсюдження контенту та зв'язку. Концептуальний тренд більше не означає лише використання комп'ютера як артефакту в процесі навчання. Електронне навчання характеризують як активний процес опанування знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій [59].

Дослідники розуміють, наскільки складними є завдання подання навчального матеріалу та організації повноцінного діалогу зі студентами. Вони докладають чимало зусиль для вдосконалення процесу навчання шляхом пошуку нових методологій і підходів. Різноманітні аспекти електронного навчання знайшли відображення в працях В. Бикова, М. Шишкіної, Ю. Рамського, Н. Балик, О. Спіріна, Н. Морзе, В. Кухаренка, О. Глазунової, Л. Панченко, Д. Бруффа, Г. Кузьменка, Х. Сінгха, Т. Таубера, Дж. Селінго, С. Георгієв, М. Шарплз, С. Семерікова та ін. Дослідження трьох останніх авторів присвячені мобільному навчанню та його проблемам. Різні аспекти спровадження МВОК та супутні проблеми цього процесу висвітлено в працях Г. Кузьменко, Л. Панченко, С. Дхавала, Тодд Таубер та Дж. Селінго. Концепції дистанційної освіти та перспективи її розвитку в Україні досліджено в наукових працях В. Бикова та М. Шишкіної. Зокрема, ними детально вивчено потенціал хмарних технологій у забезпеченні відкритості освітнього процесу.

У літературі концепція електронного навчання пов'язана з дистанційним навчанням. Проте існують компоненти електронного навчання, які можна використовувати в будь-якому освітньому середовищі. М. Чернат стверджує, що найкращий спосіб розуміння правильного змісту поняття «електронне навчання» – це уявити систему, що забезпечує широке залучення цифрових ресурсів для навчання людей [198]. О. М. Спирін наголошує, що системи навчання мають будуватися з двох точок зору: потреб цільової аудиторії студентів і очікуваних результатів навчання дисципліни чи опанування освітньої програми [143].

Розвиток мобільних технологій спричинив появу концепції «Mobile-Learning» (M-Learning). Вона має на меті зробити навчальне середовище та його ресурси більш гнучкими та універсальними. За своєю природою m-Learning є формою поєднання дистанційного та електронного навчання. С. Т. Георгієв вважає, що визначення m-Learning має включати можливість навчатися будь-де та будь-коли без постійного фізичного підключення до кабельних мереж. Цього можна досягти за допомогою мобільних, портативних пристроїв, повсюдного доступу до мережі та обчислювальних ресурсів. Як наслідок, в усіх учасників освітнього процесу буде технічна можливість під'єднуватися до інших комп'ютерних пристроїв, здійснювати двосторонній обмін навчальним контентом [249].

M-Learning забезпечує переваги мобільності та вимагає наявності оптимізованих інтерфейсів користувача. Більшість сервісів проєктованого в цьому дослідженні ХОСН мають реалізовані версії інтерфейсів для мобільних пристроїв. Це дає можливість додаткового залучення студентів до навчання за умов відсутності в них стаціонарних ноутбуків.

Досліджуючи МООС як феномен електронного навчання доцільним є розуміння ролі хмарних технологій у цьому процесі. Їх впровадження в освіту створює потенціал для принципового оновлення змістово-цільових і технологічних аспектів процесу навчання, що реалізується в збагаченні його методик, засобів і формуванні на цій основі нових технологій.

Концепція MOOC вперше з'являється в літературі приблизно в 2010 році як поєднання зв'язків з соціальних мереж і співпраці з визнаними експертами (фасилітаторами) у певній галузі та колекцію інтернет-ресурсів у вільному доступі. Їх ключова мета полягає в тому, щоб «люди відчули, що означає бути частиною соціальної, технічної системи навчання, де голос викладача є не основним центром, а натомість вузлом у загальній мережі» [266]. Незважаючи на невизначеність поняття, перший MOOC було створено у 2008 році як відкритий онлайн-курс в університеті Манітоби (Канада). Курс «Конективізм і комунікаційні знання» (ССК08) проводили Джордж Сіменс і Стефан Даунс, які розробляли педагогічну теорію конективізму та розглядали MOOC як практичну реалізацію своєї теорії. Увесь зміст курсу був доступний через канали RSS, і студенти могли брати участь за допомогою онлайн-інструментів для співпраці та соціальних сервісів, зокрема роблячи дописи в блогах та ведучи дискусії в LMS Moodle [408].

Перші MOOC, створені приватними або некомерційними установами, запрошували до викладання видатних викладачів і науковців. У них основну увагу приділяли не стільки контенту, скільки спілкуванню слухачів. Термін сMOOC стосується MOOC, розробленого для того, щоб підкреслити комунікацію учасників. Модель участі в такому курсі полягала в побудові персональної навчальної мережі (Personal Learning Network – PLN), виявляючи той зміст та комунікації, які є особисто значущими для аудиторії слухачів. У той час такі с-MOOC вважалися революційними, оскільки вони «розмивали» наявні кордони між закладом освіти та зовнішнім світом. Такі MOOC розроблялися на основі теорії конективізму та ставили під сумнів академічну та інституційну відповідальність [300]. Зазначена теорія виділяє як провідну в навчанні роль мереж і зв'язків. Згідно з концепціями конективізму, навчання є не лише індивідуальною діяльністю, а соціальним процесом, який передбачає спілкування і взаємодію з іншими учасниками освітнього процесу. Технічною основою такої взаємодії нині є комп'ютерні мережі, інтернет, хмарні технології тощо. Конективізм припускає, що навчання постійно розвивається та змінюється

в міру появи нових освітніх ресурсів. Як наслідок, у цій теорії знання не є тією сутністю, яку можна зафіксувати або опанувати раз і назавжди. Відповідно освіта розглядається як динамічний та постійно змінний процес. Конективізм підкреслює важливість розпізнавання закономірностей і зв'язків між різними джерелами інформації, а не простого запам'ятовування фактів [386]. Це може допомогти учням розвинути більш цілісне розуміння об'єкта вивчення, уникнути засвоєння поверхневих знань [298].

Оскільки навчання відбувається в середовищі мереж, воно не може бути обмеженим одним джерелом інформації або особистістю вчителя. До згаданих мереж належать соціальні медіа, онлайн-спільноти платформи MOOC та особисті зв'язки і стосунки здобувача.

Нині більшість MOOC сприяють зростанню рівня комунікації, особливо це стосується комбінованого підходу, коли один і той же курс проходять студенти з одної академічної групи. Поява та зростання популярності серед молоді соціальних мереж Facebook, Twitter, LinkedIn, Instagram, як джерел професійної інформації, свідчить, що люди дійсно хочуть навчатися у своїх колег у звичний спосіб, аналогічно до докторів наук, редакторів та інших експертів. Наприклад, дослідження Університету штату Мічиган показало, що студенти, які використовували Twitter для спілкування з однокласниками, а також викладачами, «більше цікавилися матеріалами курсу і зрештою отримували вищі оцінки». В університеті Фенікса розроблено курс «Інноваційний акселератор» (Innovator's Accelerator). До його створення долучилася дизайнерська компанія з Кремнієвої долини IDEO. Курс поєднує короткі відео та часті оцінювання з полегшеними груповими проектами, асинхронною співпрацею та інноваційними інструментами, розробленими спеціально для стимулювання участі [398].

Наступним етапом розвитку масових відкритих онлайн-курсів були xMOOC, що виникли на основі ідей відкритої освіти та Open Course Ware (електронні курси, створені в університетах і безкоштовно опубліковані в інтернеті). У назві літера «X» не означає нічого конкретного. Але курс xMOOC зазвичай пропонує університет у партнерстві з комерційною організацією. Нині

відомі платформи edX і MITx також мають літеру «x» у назві, проте вони є не єдиними, що пропонують xMOOC. М. Г. Джонс вважає, що «x» означає «Експерт», тому що більшість цих MOOC пропонуються на основі записаних лекцій експертів у відомих університетах [300].

Взявши за основу дослідження [296], ми зобразили розподіл слухачів, що успішно завершили навчання, за основними провайдерами MOOC(xMOOC) (див. рис. 1.4.1)

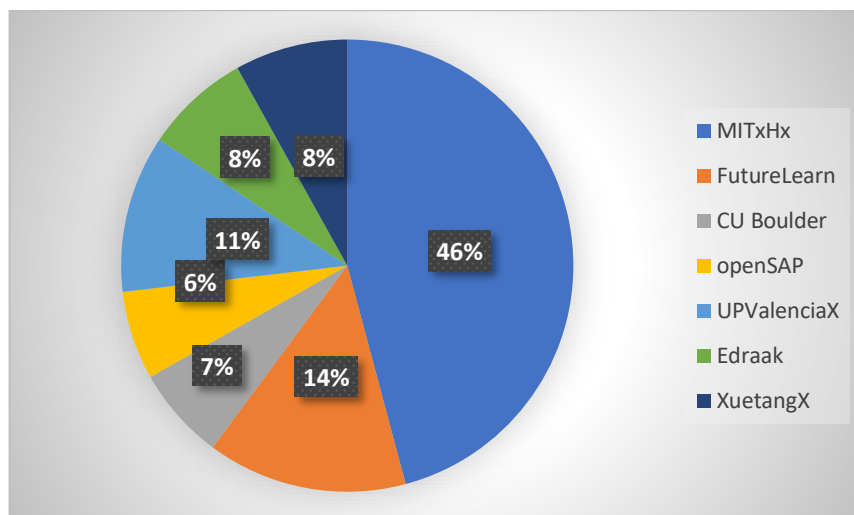


Рис. 1.4.1. Розподіл слухачів за провайдерами MOOC

Як видно з рисунка, незаперечним лідером у галузі є масові відкриті онлайн-курси від Массачусетського технологічного інституту, що зазвичай використовують платформу EdX. У дослідженні Л. Ф. Панченко проведено порівняльний аналіз cMOOC та xMOOC. Авторка зазначає, що xMOOC використовують традиційний підхід до навчання, добре фінансуються, підтримуються. cMOOC є менш формальними, будуть більш корисними для розвитку креативності, містять значні неструктуровані обсяги інформації, що зазвичай додають та підтримують волонтери [111].

MOOC побудовані на активному залученні кількох сотень до кількох тисяч «студентів», які самостійно організують свою участь відповідно до цілей навчання, попередніх знань і навичок, а також спільних інтересів.

На відміну від курсів для дистанційного навчання, проекти MOOC мають свої особливості, зокрема: залучення найкращого академічного персоналу; наявність графіку і термінів; наявність численних каналів зворотного зв'язку:

слухач-викладач, слухач-слухач; безкоштовний; масовість і глобальність. Донедавна онлайн-курси були «відкритими версіями» традиційних університетських курсів. MOOC відрізняється кількістю учасників, нелінійним типом зв'язків і принципом взаємодії між учасниками навчального процесу.

На основі дослідження Л. В. Ноздріної виділено суттєві аспекти в розробленні проєктів MOOC і традиційних дистанційних курсів [62] (див. табл. 1.4.1).

Таблиця 1.4.1. Відмінності між розробленням проєктів «традиційних» дистанційних і масових онлайн-курсів

| Аспект | | Традиційні курси | MOOC |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Платформа | | Moodle, eLearning Server, Learning Space 5.0 | edX, Coursera, Udacity, Unimooc, Khan Academy, Open Learning Initiative, MIT OpenCourseWare, Canvas |
| Контент | Створення мультимедіа | Відсутність власних засобів розроблення мультимедійного контенту | Можливість створювати власний мультимедійний контент |
| | Засоби структурування | Обов'язкові елементи: передмова, автори курсу, керівник, новини курсу, програма курсу, титульна сторінка уроку | Обов'язкові елементи: передмова, автори курсу, керівник, новини курсу, програма курсу, титульна сторінка уроку |
| | Мова | Зазвичай одномовний | Можливість проведення курсу будь-якою мовою цільової аудиторії |
| | Тривалість навчання | Від кількох місяців до року | Від кількох тижнів до кількох місяців |
| | Інформативність | Лише структурована та відображена основна інформація | Надлишок неструктурованих даних |
| Організація освітнього процесу | | – організовано за навчальним планом; – незалежно від кількості учасників розподіл ролей для них (адміністратор, | – кожен учасник курсу будує свій власний шлях навчання; – роль процесу навчання; такі сервіси як diigo і twine перенаправляють викладачів і |

| Аспект | Традиційні курси | МООС |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | автор курсу, викладач, студент, відвідувач); – контроль кількості пройденого матеріалу та якості його засвоєння | студентів на найпопулярніші інформаційні ресурси; – вимагає якомога більше активних учасників для оптимальної продуктивності; – роль викладача та студентів у цих курсах незначна; – слухачі повинні мати високий рівень мотивації та самоконтролю |

Життєвий цикл проєкту МООС аналогічний до циклу розробки ІТ-проєкту та складається з таких етапів: аналіз вимог, проєктування, розроблення, впровадження та оцінка.

Очевидно, що, як будь-який новий підхід у кожній галузі діяльності, МООС має певні недоліки та обмеження, зокрема:

- недостатність практичних завдань та оцінювання самостійної роботи студентів, оскільки використовуються лише ті завдання, які піддаються формалізації та автоматичній перевірці;
- обмежені можливості зворотного зв'язку, оскільки навіть найкраща технологія не зрівняється з «безпосередньою» взаємодією;
- проблеми плагіату та ідентифікації виникають через неможливість перевірити самостійність роботи студента або наявність у нього кількох акаунтів;
- проблеми з визнанням університетами та роботодавцями сертифікатів про успішне проходження онлайн-курсів;
- мовний бар'єр, оскільки навчання вимагає достатнього рівня знання англійської мови;
- підтримка мотивації для успішного проходження онлайн-курсу;
- складність оцінювання з гуманітарних дисциплін, проте останнім часом це обмеження намагаються подолати завдяки методикам колективного оцінювання.

Зарахування студентів у МООС-и вимірюється тисячами і навіть мільйонами. Багато з цих людей є працюючими дорослими людьми, які прагнуть

отримати нові технічні чи бізнесові навички або оновити старі, щоб забезпечити своє кар'єрне зростання. Але справжня проблема зазвичай полягає в тому, що чимало з них не завершують навчання. Чимало слухачів навіть не починають курси, на які вони зареєстровані. Існують і ті, хто, закінчивши курс, не використовує з нього нічого для подальшого розвитку власних компетентностей. На рис. 1.4.2 відображено стан реєстрації та випуску слухачів популярних провайдерів MOOC станом на 2022, одержані на основі даних з дослідження [296].

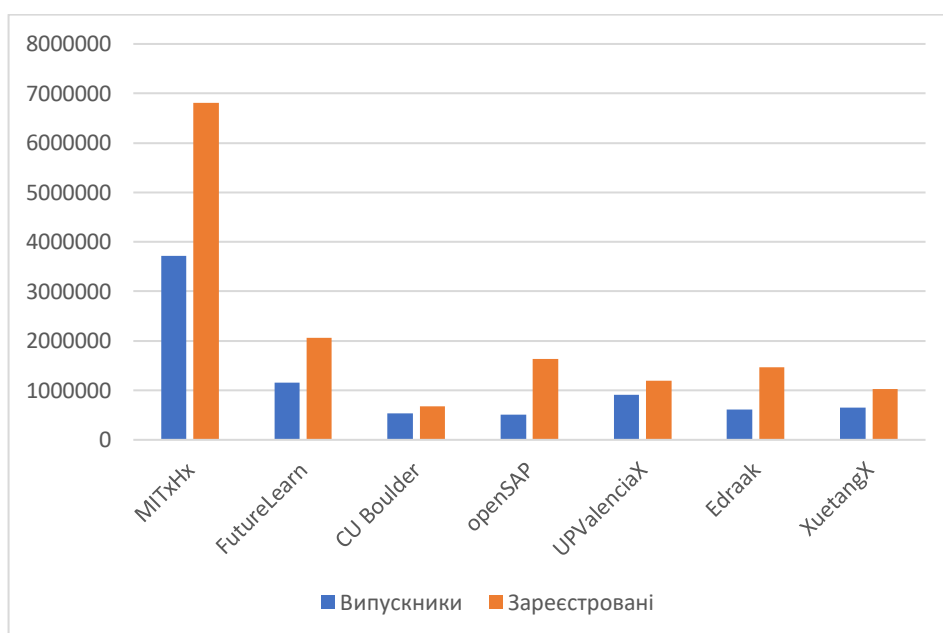


Рис. 1.4.2. Співвідношення між зарахованими та «випускниками» серед студентів MOOC

Т. Таубер ще у 2013 році намагався знайти джерело низької «успішності» слухачів MOOC. Основною причиною, дослідник вважав ситуацію, за якої викладачі MOOC, усе ще міркують категоріями офлайн-навчання. Проте методи навчання двадцятого століття просто не працюють так добре для сучасних «учнів» XXI століття.

Інша суттєва проблема полягає в тому, що навчання в освіті дорослих має інтегруватися між життям і роботою. У багатьох опитуваннях найбільш часто згадуваною перешкодою для завершення MOOC є «нестача часу / кількість необхідного часу». Цей чинник є суттєвим і для студентів, майбутніх учителів

інформатики. Адже вони зазвичай на 2–3-му курсах працевлаштовуються та мають поєднувати навчання та трудову діяльність.

На нашу думку, такі результати не зумовлені специфікою МООС. Проблема полягає в мотивації до навчання та фахових компетентностях учасників зазначених курсів. Наприклад, менше 20 % студентів визнають ефективним для себе традиційне навчання програмуванню у формі тренінгів. І це при тому, що тренінги проводять програмісти-практики з великим досвідом викладання [59]. Незважаючи на це, вважаємо за доцільне стимулювання та заохочення викладачів для створення та розміщення навчальних матеріалів у відкритому доступі.

Щодо вивчення хмарних технологій, то нині МООС-провайдери та їх платформи пропонують чимало цікавих курсів. Наприклад, на платформі Edx присутній курс Introduction to Cloud Infrastructure Technologies. Він містить багато тем. Серед них є базові (віртуалізація, інфраструктура як послуга (IaaS), платформа як послуга (PaaS), контейнери) та відносно новітні (інструменти для хмарної інфраструктури, інтернет речей, як досягти успіху в хмарі) [209].

Компанія Coursera пропонує для вивчення кілька курсів: Essential Cloud Infrastructure: Foundation, Essential Cloud Infrastructure: Core Services, Elastic Cloud Infrastructure: Scaling and Automation, Google Cloud Platform Fundamentals: Core Infrastructure. У цих курсах вивчаються потужні платформи для розгортання корпоративних хмар, такі як Google Cloud Platform та AWS [231].

Udacity розробила програму «Стати інженером Cloud Dev Ops Engineer». Вона надає можливість навчитися проєктувати та розгортати інфраструктуру як код, створювати та контролювати конвеєри для різних стратегій розгортання та розгортати масштабовані мікросервіси за допомогою сервісу Kubernetes, що є складником Google Cloud Platform. Наприкінці програми студенти мають змогу вдосконалити нові навички, завершивши навчальний проєкт [342].

Компанія Cisco пропонує аналогічні курси в межах системи мережевих академій (Cisco Network Academy). Мережеві академії Cisco є частиною програми корпоративного соціального відповідальності. Компанія сповідує

парадигму надання вільного доступу до деяких курсів широкому колу користувачів. Вона передбачає надання можливостей і засобів для розвитку ІК-компетентності та побудови кар'єри працівникам і студентам навчальним закладів та окремим особам.

Звісно, ці курси не повністю відповідають ідеології МООС. Проте зазначену академію може бути організовано практично в будь-якому університеті. Для виконання цього завдання в ЗВО слід визначити особу, яка буде керівником, та встановити контакт із навчальним закладом, який є центром мережних академій. Перелік таких центрів доступний на сайті netacad.com. Серед курсів академії є курси ознайомчі, базові та професійні курси. Для викладання ознайомчих і деяких базових курсів не потрібно попереднє навчання викладача в центрі підготовки. Їх може бути введено в повному обсязі до нормативних або вибіркового навчальних дисциплін як окремі змістові модулі. Також викладач може використовувати окремі навчальні ресурси з них: параграфи, завдання, питання для самоконтролю тести тощо.

Як показує досвід, курси мережної академії Cisco імплементують в освітній процес чимало зарубіжних закладів освіти. Наприклад, у дослідженні науковців відкритого університету Великобританії (The Open University of the United Kingdom – UKOU) описано досвід успішної інтеграції навчальної програми Cisco з використанням моделі змішаного дистанційного навчання в підготовці бакалаврів комп'ютерних наук. Автори обґрунтовують ефективність розробленого середовища та відзначають як ключову роль викладача(тренера) у навчанні студентів. Стверджується, що під час проектування курсу був застосований конструктивістський підхід до навчання. Він зарекомендував себе як дієвий спосіб проведення курсів Cisco. Такі висновки підтверджуються позитивними відгуками студентів та їх навчальними досягненнями [318].

Значна роль мережевих академій Cisco полягає в проведенні просвітницьких заходів для вчителів, учнів шкіл, студентів коледжів та університетів. Академії Cisco, відкриті в українських закладах вищої освіти, систематично проводять заходи для підвищення кваліфікації практикуючих вчителів інформатики,

наприклад, щодо імплементації симулятора Cisco Packet Tracer у навчальне середовище. Розробляються лабораторні роботи українською мовою. Зокрема, впродовж останніх років було проведено такі заходи:

- День безпечного інтернету.
- Семінари щодо застосування курсів «CCNA1 Introduction to Networking» та «Основи апаратного та програмного забезпечення ПК» для очного, змішаного та дистанційного навчання.
- Ініціативи «Крок за кроком» у навчанні курсів «Інтернет речей», «Основи кібербезпеки» та інших.
- Очні зустрічі в офісі компанії та університетах-партнерах.
- Тижні підвищення кваліфікації інструкторів.

Схожий досвід описують і зарубіжні дослідники. Зокрема, у Словаччині у 2019 році було організовано конференцію для вчителів загальноосвітніх шкіл, що беруть участь у національному проєкті «ІТ-академія – освіта для 21 століття». У цьому заході взяли участь 198 учасників – викладачі інформатики, математики, фізики, біології, хімії, географії та ІКТ, ІТ-експерти з університетів-партнерів, представники ІТ-асоціації Словаччини та ІТ-компаній. Учасники конференції висловили своє бачення стосовні ІК-компетентностей випускників закладів вищої освіти та зазначили, що моделювання є одним з основних інструментів інженерії комп'ютерних мереж [273].

Розглянемо курси академії Cisco, які, на нашу думку, доцільно впроваджувати в навчальний процес та відповідні обов'язкові й вибіркові дисципліни з освітньої програми підготовки бакалаврів спеціальності «014.09. Середня освіта (Інформатика)». Підготовка фахівців з інформаційних технологій вимагає викладання та вивчення абстрактних понять. Наприклад, для розуміння фундаментальних тем дисципліни «Комп'ютерні мережі» доцільним є унаочнення основних понять і процесів. Студенти можуть легше зрозуміти та адаптувати навчальний матеріал, якщо вони візуально бачать, як насправді працює певна мережева технологія.

Серед ознайомчих курсів заслуговують на увагу курси «Introduction to Packet Tracer» («Вступ до симулятора Packet Tracer»). Оскільки зазначений симулятор є потужним інструментом для моделювання мережевих процесів, то його доцільно використати повністю або частково в дисципліні «Комп'ютерні мережі та інтернет». Особливості використання симулятора комп'ютерних мереж Packet Tracer для візуалізації анімації та практичних прикладів представлено в роботі науковців з Технічного університету Кошице (Словаччина) [273]. Спосіб впровадження курсу «Вступ до симулятора Packet Tracer» залежить від наявності спецкурсу, що стосується технологій інтернету речей. У випадку, якщо такий спецкурс передбачено, до його змісту, крім відповідних питань з дисципліни «Вступ до симулятора Packet Tracer», може бути долучено курс Introduction to IoT («Вступ до інтернету речей»). Обидва зазначені курси перекладені українською мовою.

Курс «IT Essentials» («Основи апаратного та програмного забезпечення ПК») може доповнювати дисципліни «Архітектура комп'ютерів», «Операційні системи», «Програмне забезпечення комп'ютерних систем». Існує українська локалізація курсу, проте для його викладання викладачеві потрібно самому успішно закінчити його та отримати акредитацію. Курс містить такі розділи: знайомство з персональним комп'ютером; лабораторні роботи та використання інструментів; монтаж комп'ютера; огляд профілактичного обслуговування; операційні системи; мережі; портативні комп'ютери; мобільні пристрої; мобільні пристрої; безпека; IT-спеціаліст; пошук та усунення складних несправностей. Оскільки наведений перелік тем є доволі широким, то доцільним, на нашу думку, є використання окремих тем у різних дисциплінах. Наприклад, остання тема буде доречною в процесі проведення комп'ютерної практики.

Базовий курс «NDG Linux Essentials» (Основи Linux) може доповнювати дисципліну «Операційні системи». Для його викладання не потрібне попереднє навчання викладача. Проте курс доступний лише англійською мовою. Схожа ситуація з курсом «Programming Essentials in Python» («Основи програмування на Python»), яким варто доповнити класичну дисципліну «Програмування».

Викладачі можуть впровадити курс як окремий модуль або застосовувати його теми поетапно впродовж викладання дисципліни.

Значний педагогічний, методичний і технічний потенціал впровадження курсів академії NetAcad у процесі вивчення мережних технологій. В освітньому процесі доречно використовувати курси базові та професійні курси середнього рівня, наприклад «Networking Essentials» («Основи мереж»), «CCNA Introduction to Networking content» («Вступ до мереж»), «CCNA Routing & Switching. Connecting Networks» («Маршрутизація та комутація. З'єднання мереж»). Проте ці курси, зазвичай, є англomовними та вимагають обов'язкового попереднього навчання викладача.

Чимало уваги в мережевій академії Cisco приділено вивченню інформаційної та кібернетичної безпеки. Зазначена тематика є достатньо актуальною в процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. Крім того, висококваліфіковані та досвідчені адміністратори мереж і фахівці з кібербезпеки є затребуваними на ринку праці. Проте студентам інколи важко зрозуміти концепції маршрутизації та комутації. Для розв'язання цієї проблеми китайські дослідники запропонували використання симуляторів у курсах мережевої академії Cisco. Автори здійснили порівняння між фізичною лабораторією та віртуальними лабораторіями, побудованими на основі симуляторів GNS та Packet Tracer. За основу порівняльного аналізу науковці взяли такі аспекти: зміст навчання, мережеві топології, групова робота студентів, вимоги до апаратного забезпечення, важкість виконання завдань, можливість спільного використання пристроїв, можливість роботи в позаурочний час [206]. Отримані результати показують, що студенти позитивно оцінюють використання мережних симуляторів і розглядають їх як ефективний підхід до вивчення концепцій та набуття відповідного досвіду.

Позитивним чинником запровадження курсів мережевої академії Cisco є отримання студентами сертифікатів про успішне завершення курсів. На нашу думку, цей факт позитивно впливає на мотивацію студентів до навчання. У випадку успішного проходження професійних курсів студент стає на ринку праці

сертифікованим фахівцем. Практично всі описані курси передбачають виконання навчальних завдань, поточного та підсумкового тестування. Також для успішного завершення навчання необхідним є відповіді на запитання тесту-анкети «Відгук про курс», створеного як опитування за шкалою Лайкерта. Він дозволяє отримати оперативну інформацію про деякі складники фахової компетентності студентів (навички, підтверджені здатності, цінності та ставлення), а за необхідності опрацювати їх за допомогою статистичних методів.

Відповідну методику імплементації курсів мережної академії Cisco в хмарні лабораторії буде розроблено та апробовано в подальших розділах цього дослідження.

Висновки до розділу 1

Унаслідок аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду встановлено, що використання технологій хмарних обчислень у закладах вищої освіти є поширеною практикою розвитку їхньої ІТ-інфраструктури. Розгортання зазначених технологій забезпечує повсюдний доступ до обчислювальних ресурсів університету, що полягає в їх інваріантності та незалежності від апаратного забезпечення.

У розділі проведено уточнення термінологічного апарату дослідження, зокрема уточнено поняття «хмаро орієнтоване середовище навчання» як систему цифрових засобів (апаратних, комунікаційних, віртуалізованих), що функціонують відповідно до принципів хмарних обчислень і забезпечують повсюдний доступ здобувачів до інформаційних, обчислювальних ресурсів, задля досягнення програмних результатів підготовки майбутнього вчителя інформатики. Як показало вивчення публікацій і джерел з мережі інтернет, окремі складники таких середовищ зазвичай присутні в зарубіжних та українських ЗВО.

Вивчення зарубіжного досвіду підготовки майбутніх учителів інформатики свідчить, що в розвинених країнах (США, країни ЄС, Велика Британія) переважаючою є система перекваліфікації бакалаврів комп'ютерних наук в

університетах або інших акредитованих установах. Незважаючи на адекватне матеріальне забезпечення та соціальний статус вчителів, навіть у них спостерігається кадровий дефіцит кваліфікованих учителів STEM-дисциплін загалом та інформатики зокрема. Аналіз освітніх програм, підготовки зазначених фахівців в Україні та за кордоном, а також силабусів курсів, доступних у мережі інтернет, дає підстави зробити висновки про відображення в них концепцій і проблематики сучасних хмарних технологій. Таку підготовку здійснюють у двох напрямках – розгортання, адміністрування хмарних платформ та розроблення хмарних додатків і сервісів. У будь-якому випадку вважаємо за доцільне здійснювати таку підготовку в теоретично та методично обґрунтованому, технічно й організаційно спроектованому та досконало розгорнутому хмаро орієнтованому середовищі навчання.

Основне завдання середовища полягає в забезпеченні доступу, провадження навчальної діяльності та співпраці всіх учасників освітнього процесу з метою досягнення підготовки майбутніх фахівців. При цьому необхідним є врахування психолого-педагогічних особливостей здійснення навчання в середовищі, створеному на основі технологій віртуалізації. Вони полягають у необхідності поєднання принципів відкритої освіти та положень психологічних теорій, що обґрунтовують діяльність здобувачів у хмарному середовищі. Організація навчання в ньому згідно з концепцією конективізму дозволяє створити мережі зв'язків між учасниками освітнього процесу, забезпечити впровадження навчальних матеріалів з масових відкритих онлайн-курсів, залучення до процесу навчання експертів, спільну роботу в проектах. Імплементация ідей синергетичного підходу передбачає створення ситуацій успіху через результативну співпрацю викладача та здобувачів освіти.

Основні результати дослідження, викладені в першому розділі, відображено в таких публікаціях автора: [186], [177], [69], [92], [387], [5].

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ХМАРО ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ

2.1. Загальна методика дослідження проблеми

Провідною ідеєю дослідження є положення про те, що цілеспрямоване, науково обґрунтоване впровадження та використання складників хмаро орієнтованого середовища є передумовою для якісної модернізації процесу підготовки майбутніх учителів інформатики, зокрема забезпечення їм повсюдного доступу до обчислювальних й освітніх ресурсів, а також розвитку їхніх фахових компетентностей.

Провідні ідеї дослідження відображено в *гіпотезі*, яка ґрунтується на припущенні, що ефективність підготовки здобувачів бакалаврського та магістерського рівнів за освітньо-професійними програмами спеціальності «014.09 Середня освіта (Інформатика)» підвищиться за умови цілеспрямованого проєктування та використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики за спеціально розробленою методичною системою.

Загальна гіпотеза конкретизується в *часткових* гіпотезах:

1. Проєктування та адміністрування ХОСН відповідно до авторської моделі дозволяє забезпечити ефективний повсюдний доступ здобувачів освіти до хмарних сервісів та обчислювальних ресурсів ЗВО;
2. Дотримання розроблених технологій адміністрування дає змогу виконати розгортання та супровід хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики;
3. Теоретично обґрунтоване, систематичне застосування авторської методики використання ХОСН сприяє розвитку основних фахових компетентностей здобувачів освіти спеціальностей «014.09 Середня освіта (Інформатика)», зокрема щодо розгортання та застосування технологій хмарних обчислень у їх професійній діяльності.

Теоретико-методологічний концепт відображає взаємозв'язок і взаємодію методологічних підходів щодо розроблення та впровадження методик

проектування, адміністрування та застосування хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики. Системний підхід є основою аналізу та проектування методичної системи. Синергетичний підхід дає змогу визначити принципи проектування відкритої моделі, на компоненти якої мають вплив чимало чинників. Особистісно-орієнтований підхід визначає ідею педагогічної моделі, яка передбачає використання хмарних технологій для забезпечення індивідуалізації, відкритості, повсюдності процесу навчання. Компетентнісний підхід визначає мету методичної системи.

Технологічний концепт передбачає аналіз можливостей сучасних хмарних технологій, зокрема в контексті їх застосування в освітньому процесі. На основі зазначеного аналізу виконано проектування хмаро орієнтованого середовища навчання, розроблено технології його адміністрування. Важливим завданням технологічного контексту є інтеграція складників середовища стосовно як доступу користувача, так і взаємопроникнення навчального контенту.

Методичний концепт визначає модель, яка містить різні компоненти процесу формування фахівця – цілі, зміст, методи, засоби, форми. У проєктованій методиці застосування хмаро орієнтованого середовища розглядається в широкому теоретико-методологічному змісті, як введення їх у практичну діяльність, зокрема як засобу організації навчально-пізнавальної, науково-дослідницької діяльності та об'єкту вивчення. Керівними положеннями розробленої методичної системи є принципи системності, відкритості, неперервності, повсюдності освіти та принцип інтеграції фундаментальності та професійної спрямованості навчання, орієнтація на інформаційно-комунікаційну компетентність вчителя.

Дослідження здійснювалося впродовж 10 років і охоплювало такі етапи науково-педагогічного пошуку.

Підготовчий етап (2012–2014 рр.): проведено вивчення й аналіз стану проблем, проаналізовано досвід вітчизняних і зарубіжних ЗВО щодо впровадження ХОСН, визначено теоретичні засади дослідження, а саме: вивчення досвіду використання технологій хмарних обчислень, аналіз

розгорнутих та існуючих зразків загальнодоступних і корпоративних платформ, порівняння їхніх технічних можливостей і вимог щодо апаратного й інфраструктурного забезпечення.

Констатувальний етап дослідження (2014–2016 рр.): сформульовано гіпотезу, мету і завдання дослідження, визначено концептуальні та методологічні засади; дослідження; створено спільно науково-дослідну лабораторію з питань застосування технологій хмарних обчислень в освіті Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України (нині Інститут цифровізації освіти НАПН України) з Тернопільським національним педагогічним університетом імені Володимира Гнатюка; визначено доцільні для розгортання хмарні платформи; сформульовано та систематизовано основні вимоги до ХОСН; проаналізовано методики проведення експериментальних досліджень для підтвердження гіпотези дослідження.

Формувальний етап дослідження (2016–2019 рр.): виконано розгортання складників ХОСН, розроблено технології розгортання та методику оцінювання продуктивності корпоративних хмарних платформ, що є складниками середовища; розроблено методики використання ХОСН у процесі вивчення основних курсів професійної підготовки здобувачів освіти бакалаврського рівня спеціальності «014.09. Середня освіта (Інформатика)», розроблено методику вивчення технологій хмарних обчислень магістрантів згаданої спеціальності;

Підсумковий етап дослідження (2019–2022 р.): здійснено експериментальну перевірку гіпотез дослідження; апробацію та корекцію розроблених методики проектування та адміністрування хмаро орієнтованого середовища, впроваджено й експериментально верифіковано в реальному освітньому процесі ефективність авторської методики використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики; проведено систематизацію, узагальнення й інтерпретацію одержаних експериментальних даних, формулювання висновків дослідження. Результати всіх його складників відображено в дисертації, монографії, публікаціях, розділах колективних монографій, навчально-методичних посібниках.

Протягом усіх експериментів здобувач особисто брав участь у кожному з них, зокрема у визначенні концепцій, методології, гіпотез, апробації та практичному розгортанні й впровадженні хмарних платформ, збиранні експериментальних даних, доборі статистичних методів, інтерпретації отриманих результатів. Досягнення цілей дослідження вимагало виконання аналітично-проектувальної, науково-технічної, навчально-методичної роботи. Вона полягала в:

- аналізі концепцій побудови освітніх середовищ та нормативних документів підготовки фахівців обраних спеціальностей;
- вивченні технічної документації з теорії комп'ютерних наук, доборі хмарних платформ, розробленні методики адміністрування ХОСН;
- практичної реалізації компонент ХОСН, моніторингу стану їх функціонування;
- розробленні та впровадженні методики його використання в процесі підготовки майбутніх, зокрема через зміст нормальних і елективних навчальних дисциплін ООП бакалаврського та магістерського рівнів освіти;
- плануванні та проведенні системи експериментальних досліджень з метою перевірки ефективності розроблених методик.

Чимало заходів проводилося в межах спільної науково-дослідної лабораторії з питань застосування хмарних технологій в освіті Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка й Інституту цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України з безпосередньою участю автора за темами НДР «Методологія формування хмаро орієнтованого навчально-наукового середовища педагогічного навчального закладу», 2015–2017 рр., ДР № 0115U002231, «Цифрова хмаро орієнтована система управління навчанням магістрів і PhD у галузях педагогіки, соціальних та поведінкових наук». 2022 р., ДР №0122U000768. Автор особисто брав участь в організації та нині здійснює керівництво мережною академією

Cisco в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка.

Для досягнення мети дослідження, вирішення його завдань, перевірки гіпотез нами було застосовано такі методи наукового дослідження:

1). *Теоретичні* – методи аналізу наукової, технічної, психологічної, педагогічної, соціологічної літератури та інтернет-ресурсів. Метод є базовим для академічних досліджень і є передумовою для проведення якісного та ретельного дослідження. Проведений джерельний аналіз показує, що тематика попередніх досліджень українських і зарубіжних наукових шкіл пов'язана з проблематикою дослідження, яке підсумовуючи та синтезуючи їх спрямоване на розроблення технологій і методик адміністрування та застосування ХОСН. Огляд літератури необхідний для з'ясування стану використання технологій хмарних обчислень у процесі підготовки вчителів інформатики та практичної реалізації складників середовища. Для вибору програмних платформ, що є основою цього середовища, було використано методи порівняльного аналізу.

У процесі розроблення проектування ХОСН було використано методи структурного аналізу. Взнявши до уваги підхід до проектування систем, описаний у публікації [187], можемо стверджувати, що проєктоване ХОСН повинно мати такі характеристики:

- є постійним у часі; тобто в освітньому сенсі воно продовжує існувати навіть тоді, коли її стани чи функціонал змінюються;
- не може бути ізольовано від навколишнього світу (науки), зокрема через інтеграцію різнорідних хмарних платформ;
- працює відповідно до принципів функціонування інформаційних систем та хмарних технологій і національних законів;
- є чутливим до зовнішніх впливів і реагує на них, впливаючи як на освітній, так і на виробничі процеси в закладі освіти.

2) *Емпіричні* – моделювання, розгортання, спостереження, тестування, обчислювальний і педагогічний експерименти. Основною метою моделювання є опис концепції ХОСН, визначення його якісних і кількісних характеристик,

концептуалізації його педагогічного, технічного, безпекового складників. Для них було розроблено різні типи моделей, зокрема концептуальні, операційні, математичні, обчислювальні, графічні тощо. Метод розгортання передбачає створення реальних взірців середовища шляхом фізичного монтажу апаратних компонент, встановлення, конфігурування, інтеграції та моніторингу програмного забезпечення. Спостереження є важливим для з'ясування особливостей функціонування середовища в освітньому процесі. Обчислювальний експеримент дає можливість оцінити та перевірити можливості академічної хмари щодо забезпечення освітнього процесу певної кількості здобувачів освіти, а також коректності виконання задач її супроводу та обслуговування. Педагогічний експеримент є необхідним для з'ясування ефективності розроблених методик і перевірки висунутої гіпотези. Його проведення було здійснено в природних умовах освітнього процесу підготовки майбутніх учителів інформатики. Отримання статистичних даних педагогічного експерименту з використанням методів анкетування, тестування, проведення контрольних робіт, аналізу оцінок проміжних і підсумкових атестацій здобувачів. Оцінювання методик адміністрування та використання ХОСН здійснювалося із застосуванням шкали типу Лайкерта та за допомогою методу експертних оцінок.

В останні роки дослідники поєднують якісні та кількісні методи. Це дає можливість підвищити глибину розуміння явища та підтвердження наукових гіпотез. Якісні методи дають чітке розуміння природи використовуваних явищ, якості контексту. Вони посідають центральне місце в дослідницькій діяльності впровадження. Кількісні методи забезпечують вимірюваність і відтворюваність експериментів. Підхід до інтеграції якісних і кількісних методів належить до так званих змішаних методів.

У процесі їх застосування науковці рекомендують здійснювати:

- обґрунтування використання змішаних методів для відповіді на запитання дослідження;

- розроблення плану дослідження, що містить мету, пріоритет і порядок методів;
- обґрунтування використання кожного методу, наприклад, техніку відбору зразків, збір і аналіз даних;
- інтеграцію методів, зокрема коли, де та як це сталося;
- обмеження використання одного методу, пов'язані з наявністю іншого методу;
- оцінку нових знань, отриманих внаслідок інтеграції методів дослідження [280].

3) *Статистичні* – описова статистика, перевірка статистичних гіпотез методами математичної статистики. Зокрема, було використано дисперсійний аналіз для виявлення статистичних відмінностей між дисперсіями вимірюваних величин; кореляційний аналіз для визначення взаємозв'язків між отриманими випадковими даними, критерії Манна – Уїтні, Пірсона для оцінки різниці між двома вибірками, коефіцієнт Альфа – Кронбаха для тестування внутрішньої узгодженості опитувальників.

У процесі організації експериментів та їх статистичного опрацювання ми намагалися забезпечити повторюваність отриманих результатів. У загальному випадку вона передбачає можливість як окремих вчених, так і наукової спільноти загалом, отримати ті ж результати, що й автори оригінальних досліджень. Крім цього, відтворення передбачає повторне використання та поширення результатів дослідження, що є також важливим аспектом розвитку науки. Усі процеси відтворення мають ґрунтуватися на наявності у відкритому доступі «сирих» даних і використання тих самих методів оригінального дослідження [257].

В академічних колах існує думка, що нині спостерігається «криза» відтворюваності. Існують твердження, що значна частина результатів досліджень не відтворюється, оскільки немає опублікованих даних, що лежать в основі публікації. Низька відтворюваність є природною в окремих дисциплінах, зокрема в психолого-педагогічних науках. Проблеми відтворюваності також можуть бути пов'язані зі складністю дизайну експерименту, у використаних

статистичних методах, у культурі прозорості та в практиці обміну даними та їх поширення. Складність відтворюваності може бути зумовлено не тільки специфікою окремих дослідницьких проєктів, а й людськими факторами, зокрема випадковими або й зумисними хибними твердженнями про істинність результатів досліджень. Авторами статті [422] запропоновано поетапну логіку забезпечення відтворюваності психолого-педагогічних досліджень, що передбачає перевірку числових результатів за незалежного відтворення, вивчення коду статистичних опрацювань, аналізу отриманих даних і пропорованих висновків.

У публікації [373] зазначено, що переважна більшість робочих завдань експерименту неможливо відтворити через різні причини: недоступність експериментальних даних, відсутність інформації щодо середовища виконання, використання сторонніх ресурсів. Автори вбачають використання хмарних обчислень і технологій віртуалізації одним зі способів забезпечення відтворюваності. Зокрема, вони пропонують публікувати у відкритому доступі миттєві копії віртуальних машин, які містять експериментальні дані та їх статистичне опрацювання. Отже, можемо стверджувати, що хмарні технології також можуть бути ефективним засобом оприлюднення та забезпечення відтворюваності наукових досліджень.

Вважаємо, що практично всі проведені в дослідженні експерименти може бути відтворено в ЗВО України без значних матеріальних та організаційних витрат.

2.2. Моделювання хмаро орієнтовного середовища навчання майбутніх учителів інформатики

Як свідчать дослідження моделей освітніх середовищ, вони мають містити такі складники, як навчальна діяльність, умови її здійснення, освітні ресурси, інструменти навчання, спільноти здобувачів та викладачів, засоби оцінювання [274], [268].

Використовуюючи підхід В. Бикова [8], розглядатимемо освітнє середовище закладу освіти як підсистему глобального інформаційного простору, у який інтегровано засоби і технології для інформаційно-освітнього ресурсного забезпечення цілей навчання і виховання та спрямовані на задоволення освітніх потреб здобувачів.

На основі характеристики, наведеної в монографії [15], освітнє середовище закладу освіти розглядатимемо як систему з такими параметрами:

- інформаційні ресурси містять дані в текстовому, графічному, аудіо- та відеоформатах;
- кількість об'єктів, які взаємодіють у системі, визначається кількістю здобувачів, викладачів, працівників адміністрації, а також, за необхідності, можливе залучення батьків;
- територія, на якій розташовано об'єкти середовища, не може обмежуватися будівлею закладу освіти, оскільки передбачається можливість взаємодії учасників навчального процесу засобами технологій хмарних обчислень;
- швидкість обміну інформаційними, обчислювальними ресурсами має бути на рівні сучасних стандартів локальних і глобальних комп'ютерних мереж.

Проектування ХОСН є комплексною сферою досліджень, яка вимагає зусиль з таких галузей, як освіта, інформатика, психологія та інженерія. З огляду на це авторську модель ХОСН будемо розглядати як сукупність концептуальної, методичної (дидактичної), сервісної та моделі адміністрування.

2.2.1. Концептуальна модель

Концептуальна модель ХОСН є базовою, оскільки вона відображає логіку освітнього процесу підготовки майбутніх учителів інформатики, враховуючи специфіку діяльності всіх його учасників. Згадана модель визначає вимоги до інших моделей ХОСН.

На основі аналізу досліджень [268], [383], [27], [237], [55] окреслимо характеристики концептуальної моделі ХОСН:

1) ХОСН має реалізувати інтеграцію фізичного та віртуального середовищ. У такому середовищі функції сприйняття, моніторингу та регулювання реальних об'єктів ще більше посилюються. Застосування хмарних і технологій доповненої реальності забезпечує якнайкращу інтеграцію віртуального та фізичного середовищ.

2) ХОСН має забезпечувати підтримку дистанційного навчання та послуг відповідно до індивідуальних особливостей студентів. Затребуваними його характеристиками є надання навчального контенту студентам, збереження в різних форматах основних етапів процесів викладання та навчання, персоналізоване оцінювання, оцінка результатів навчальних досягнень здобувачів. Відповідно до кваліфікаційних вимог до учителя інформатики, ХОСН забезпечує роль планування, моніторингу та оцінки розвитку його ІК-компетентностей.

3) ХОСН має забезпечувати навчальну діяльність як в університетському кампусі, так і поза ним, практично з будь-якого пристрою в мережі інтернет. Важливим є забезпечення як формального, так і неформального навчання. Аналогічно до зміни ролі викладача через залучення зовнішніх і внутрішніх менторів, фасилітаторів, наставників, стейкхолдерів, «студентами» в середовищі можуть бути вчителі-практики, учні шкіл, студенти інших ЗВО.

Розуміючи, що поняттєвого-термінологічний апарат цифрової трансформації освіти все ще перебуває на етапі становлення, окреслимо основні характерні риси ХОСН у порівнянні з видовим поняттям комп'ютерно орієнтованого середовища КОСН.

**Таблиця 2.3.1. Порівняння освітньої діяльності
в комп'ютерно орієнтованому та хмаро орієнтованому середовищах
(на основі дослідження [268])**

| Характеристика | КОСН | ХОСН |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Освітні ресурси | 1) цифрові ресурси розміщені на різних локальних або мережних носіях; 2) доступ до інтернету є бажаним, але не обов'язковим; 3) здобувачі та викладачі обирають потрібні ресурси. | 1) освітні цифрові ресурси є незалежними від пристроїв; 2) безперебійне підключення до інтернету є обов'язковою вимогою; 3) обчислювальні ресурси надаються за вимогою; 4) широко використовується синхронізація даних кількох пристроїв. |
| Засоби навчання | 1) усі освітні функції зазвичай систематизовані в одному засобі; 2) зазвичай засоби є окремими; 3) засоби КОНС зазвичай обирає ЗВО; 4) здобувачі можуть оцінювати засоби навчання. | 1) інтеграція різних засобів навчання; 2) хмарні сервіси обирають не лише викладачі, а й здобувачі освіти; 3) можливе використання різних сценаріїв навчання відповідно до сучасних концепцій (комбінованого, адаптивного). |
| Об'єднання студентів | 1) спільноти орієнтовані на офлайн- та онлайн-спілкування; 2) спілкування зазвичай відбувається в чітко визначених межах освітнього процесу; 3) групи для спілкування є | 1) об'єднання учасників освітнього процесу в спільноту за допомогою будь-яких засобів, зокрема мобільних пристроїв; 2) спілкування відбувається в будь-який час і в будь-якому місці; |

| Характеристика | КОСН | ХОСН |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>наперед визначеними (створеними ІТ-відділами);</p> <p>4) важливими є навички комунікації.</p> | <p>3) учасники автоматично зіставляється в межах груп або створюють їх самі;</p> <p>4) спілкування залежить від спроможностей здобувачів опановувати хмарні сервіси.</p> |
| Об'єднання викладачів | <p>1) об'єднання залежить від досвіду викладачів;</p> <p>2) основним є відомчий або регіональний принцип об'єднання.</p> | <p>1) спільноти формуються не на основі досвіду учасників;</p> <p>2) можна організувати міжуніверситетські та міжнародні спільноти.</p> |
| Методи навчання і викладання | <p>1) зосередженість на формування індивідуальних знань;</p> <p>2) зосередженість на когнітивних цілях низького рівня;</p> <p>3) уніфікація вимог до оцінювання;</p> <p>4) зосередженість на дизайні освітніх ресурсів;</p> <p>5) підсумкове оцінювання результатів навчальної діяльності;</p> <p>6) спостереження за поведінкою в навчанні.</p> | <p>1) зосередженість на створенні знань у співробітництві;</p> <p>2) зосередженість на когнітивних цілях високого рівня;</p> <p>3) багатокритеріальні вимоги до оцінювання;</p> <p>4) зосередженість на плануванні, співпраці та управлінні освітнім процесом;</p> <p>5) адаптивне оцінювання результатів навчання на основі когнітивних особливостей студентів;</p> <p>6) можливість повсюдного доступу до об'єктів вивчення студентів.</p> |

Як видно з таблиці, наведені в ній відмінності зумовлені суттю та характеристиками хмарних обчислень, як моделі надання доступу до обчислювальних ресурсів. Проте чимало характеристик залежать від міри розробленості та впровадження відповідних методик застосування ХОСН.

У дослідженнях [161], [320] розроблено моделі навчальних середовищ для групової роботи на основі проблемного орієнтованого підходу. Авторами запропоновано «життєвий цикл» розв'язання навчальних проблем як послідовність дій «спостереження – аналіз – абстракція – втручання». Інформацію, яку використовують для проведення аналізу, має бути отримано студентами з кількох джерел. При цьому необхідним є їх критичний аналіз. Запис роботи (дій) користувачів та інформація про навчальну діяльність є основою для аналізу процесу. Результати спостереження та подальшого аналізу використовуються для організації співпраці та процесу накопичення знань на різних рівнях абстракції, а також для спільного продукування розв'язань проблеми. Такі навчальні процедури поєднують аналіз виконаних дій, діалог та аналіз можливих стратегій розв'язання. У такий спосіб процес і розв'язання студент вивчає індивідуально та спільно, що дозволяє виявити кореляції між ними. У такій послідовності важливо забезпечити навчання методом проб і помилок. Відповідно в сервісній моделі ХОСН слід забезпечити збереження результатів кожного кроку розв'язання проблеми, з можливістю повернення стану об'єкта на певному кроці.

На рис. 2.3.1 зображено, як ці дві дії (процесу та рішення) генерують значення для трьох наборів індикаторів, що забезпечують групову роботу, індивідуальну роботу студентів і спільне розв'язання. Третя область аналізу на схемі – це спільний аналіз, який дозволяє врахувати глобальні показники та суттєві зв'язки між показниками процесу та розв'язання.

Пропонована структура орієнтована на хмарні лабораторії, які підтримують завдання на побудову розв'язків з використанням методів моделювання та експерименту, що створюють можливості досліджувати та тестувати рішення.

Модель вимагає підходу, що враховує як спільну діяльність студентів, так і результати співпраці з викладачем або зовнішніми стейкхолдерами.

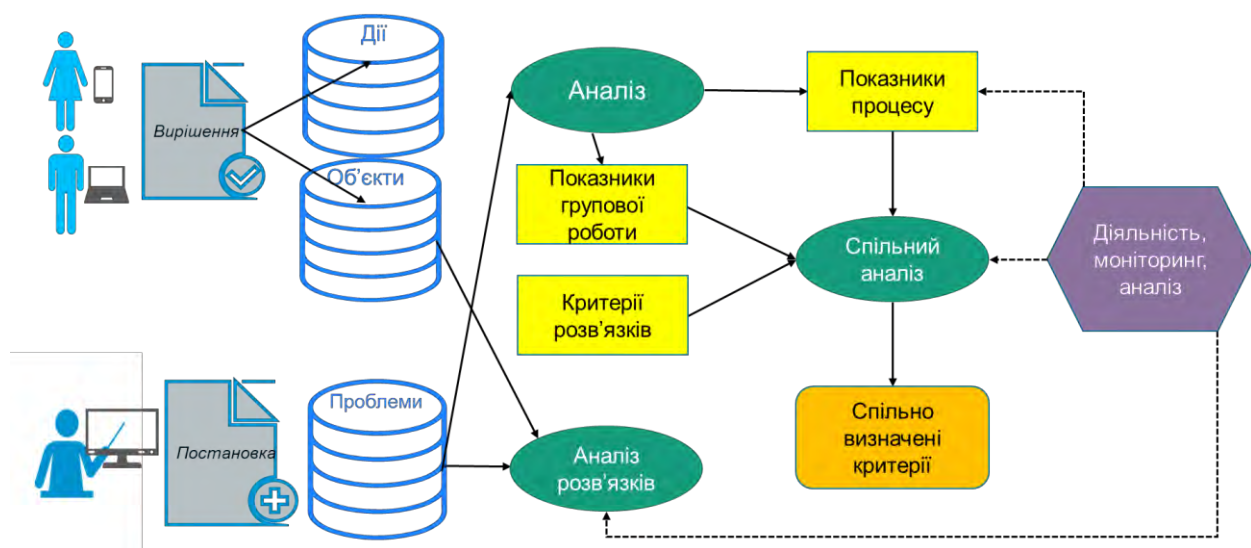


Рис. 2.3.1. Модель групової діяльності здобувачів у ХОСН

Нині значення оцінювання навчання з боку стейкхолдерів є особливо затребуваним. Зацікавлені сторони можуть не лише коригувати зміст підготовки, а й зробити свій внесок у розвиток ХОСН, сприяти забезпеченню персоналізованого та спільного навчання у галузі підготовки майбутніх учителів інформатики. Стейкхолдерами можуть також бути студенти, викладачі, системні адміністратори, які безпосередньо чи опосередковано мають стосунок до галузі цифрових технологій, зокрема розуміють зміст конкурентоспроможності при працевлаштуванні у своїй галузі.

Слід ретельно добирати справді авторитетних експертів у галузях, що відповідають дисциплінам. Важливо, щоб сервісна модель ХОСН передбачала можливість повноцінної взаємодії зазначеної категорії зі студентами та викладачами. Ще однією вимогою в доборі зовнішніх стейкхолдерів є їх об'єктивність, оскільки почасти трапляються ситуації їх зацікавленості як роботодавців у підготовці студентів до опанування певних цифрових засобів і технологій.

Як видно з рисунка 2.3.1, хмарні сервіси забезпечують надання доступу до освітніх ресурсів, а також формування та комунікацію груп здобувачів (викладачів) є складниками ХОСН. Студенти та викладачі використовують

освітні ресурси, хмарні сервіси, формують ситуативні навчальні спільноти. Ефективність освітнього процесу є взаємним результатом індивідуальної та групової діяльності всіх його учасників. Спільноти студентів слід орієнтувати на взаємодію, співпрацю, обмін досвідом. За сучасних умов розвитку цифрових технологій природною є ситуація створення викладацьких спільнот, у яких педагоги навчаються разом і співпрацюють зі студентами задля досягнення безперервного професійного розвитку. Як наслідок, спостерігається взаємовплив технологій і людей. Освітні ресурси та хмарні сервіси забезпечують підтримку студентських і викладацьких спільнот, які, своєю чергою, сприяють еволюції самого ХОСН.

Важливим компонентом концептуальної моделі є людські ресурси. Вони необхідні для розкриття науково-технічного потенціалу середовища та передбачають залучення:

- науковців здійснення проектування та досліджень ефективності використання середовища, а також його концептуальної підтримки;
- інженерних фахівців для виконання завдань безпосереднього розгортання та супроводу сервісів ХОСН;
- технічного персоналу, першочергово інженерів лабораторій комп'ютерних технологій в університетів, що здійснюють обслуговування студентських комп'ютерів університету;
- професорсько-викладацького персоналу, що забезпечуватиме провадження освітнього процесу та отримання зворотного зв'язку;
- здобувачів освіти.

Розвиток хмарних технологій сприяв виникненню нової сервісної моделі – «Знання як послуга» (KaaS – Knowledge as a Service). На основі моделі, описаної в дослідженні [219], ХОСН можна уявити як середовище взаємодії між власниками даних, постачальниками послуг і споживачами знань. Власникам даних надають дані за допомогою певних транзакцій. Споживачі отримують знання з цих наборів даних за допомогою послуг, які надає ХОСН. Одним із

важливих аспектів моделі KaaS є визначення груп, у яких здійснюється діяльність з продукування знань.

У моделі [164] розробляється концепція організації (підрозділу), що продукує знання. Компонентами такої групи є групи учасників освітнього процесу. Як показано на рис 2.3.2, членом такої групи є будь-який учасник освітнього процесу. Він може виконувати одну або більше ролей у групі. Цій людині можна призначати різні ролі в різних групах. Під роллю розуміють сукупність завдань і обов'язків, що виконує член групи.

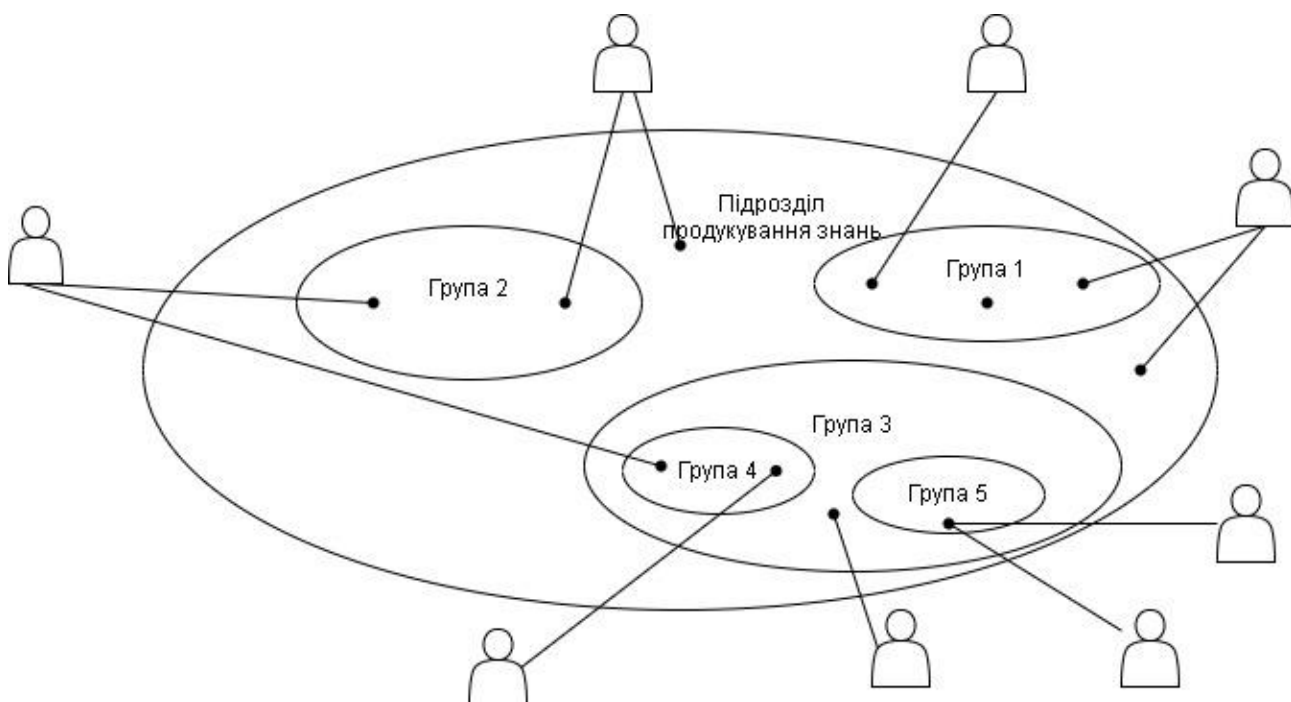


Рис. 2.3.2. Модель групової діяльності, спрямованої на продукування знань

Технічні засоби хмаро орієнтованого навчального середовища, серед іншого, мають забезпечувати такі аспекти: розпізнавання (автентифікацію) користувачів, підключення з різних пристроїв до будь-яких об'єктів середовища, якнайповніше моделювання функціоналу цих об'єктів; усвідомлення здобувачами потенціалу, ролі хмарних технологій, а також праці інженерів і викладачів у створенні ХОСН та його складників. Складники ХОСН мають реєструвати в журналі дій здобувачів, зокрема в аспектах отримання знань, взаємодії в групах тощо. На основі цих даних можливим є створення моделі студента, що дасть важливу основу для забезпечення більш повної та точної оцінки ефектів навчання.

Складники ХОСН можуть надавати персоналізовані ресурси та інструменти для студентів відповідно до їх моделей і траєкторій навчання. За їх допомогою реально розпізнавати час і місце навчання, залучених однолітків та виконані навчальні завдання. Впровадження технологій інтернету речей до складників ХОСН забезпечує контроль фізичного середовища навчання, зокрема температуру і вологість повітря, освітлення, звуки тощо. Це дає можливість не лише створити студентам комфортне фізичне середовище, а й залучити їх до цього процесу.

Хмарні сервіси дозволяють створювати навчальні спільноти відповідного до певних навчальних завдань. Здобувачі мають можливість самостійно створювати свої групи для більш ефективної взаємодії та обміну інформацією. Загалом метою ХОСН є сприяння підвищенню мотивації, отримання задоволення студентами від навчальної діяльності і, як наслідок, якнайповнішому їх залученню та зануренню в освітній процес. Це сприятиме заохоченню студентів до більш активного опанування нових технологій. Як майбутні вчителі вони будуть глибше усвідомлювати роль хмарних обчислень для підтримки навчального процесу, зокрема для забезпечення їх доступності в будь-який час і в будь-якому місці.

Принциповою вимогою ХОСН у випадку майбутніх учителів інформатики є забезпечення персоналізованого навчання. Тобто кожен студент повинен мати окремий обліковий запис і надані для нього хмарні ресурси. При цьому роль викладача модифікується. З одного боку, технічно просто надати йому доступ для перегляду та контролю цих ресурсів, а з другого – у ХОСН акценти викладацької діяльності має бути зміщено з ролі інструктора на роль фасилітатора. Оскільки впровадження хмарних технологій сприяє провадженню освітньої діяльності, яка не обмежується ні просторовими, ні часовими межами, то затребуваними є спільноти викладачів, серед яких можуть бути автори дисциплін, тьютори, консультанти тощо.

Існують напрями застосування ХОСН для налагодження міжнародної співпраці. Це дозволяє студентам бачити й аналізувати, як здійснюється

навчання в інших раїнах. При цьому академічні установи мають забезпечити необхідну систему підтримки, допомагаючи, керуючи та впроваджуючи можливості та засоби хмарних технологій. Наприклад, об'єднання обчислювальних потужностей університетів згідно з груповою моделлю не лише підвищить ефективність та еластичність їх використання, а й потенційно сприятиме обміну тематичними дослідженнями та досвідом використання ХОНС, що, своєю чергою, сприятиме інноваціям для кожної сторони співпраці.

Використання ХОСН дозволить забезпечити навчання з використанням продуктивних методик та інноваційних засобів, таких як: навчання на практиці, перевернуте навчання, гейміфікація, адаптивне навчання, Case-методики, навчання в співпраці, навчання на основі стратегії BYOD (Bring Your Own Device, навчання на основі персональних потреб здобувачів навчання через соціальні медіа, навчання на основі робототехніки тощо.

2.2.2. Дидактична модель

У дидактичній моделі ХОСН ключовим вважаємо процес застосування середовища. Ми трактуємо це поняття як введення хмарних технологій у практичну діяльність учителя інформатики. Вважаємо, що підготовка здобувачів до застосування хмарних технологій має здійснюватися неперервно та поетапно впродовж усього терміну їх навчання. Її ефективність залежить від рівня використання складників ХОСН у процесі навчання. У результаті впровадження пропонуваної методичної моделі відбувається формування в студентів фахових компетентностей, зокрема стосовно використання розподілених обчислювальних ресурсів, що надаються за вимогою для навчання та проведення наукових досліджень. Передбачаємо, що цілеспрямоване та систематичне впровадження моделі змінює традиційний інформаційно-репродуктивний підхід до практично орієнтованого навчання. Для її проектування було проаналізовано аналогічні моделі [379], [29], [20]. Дослідження передбачають трансформування освітнього процесу від системи, що функціонує за зовні заданими еталонами, до системи, що саморозвивається. Основні компоненти дидактичної моделі

зображено на рис. 2.3.3.

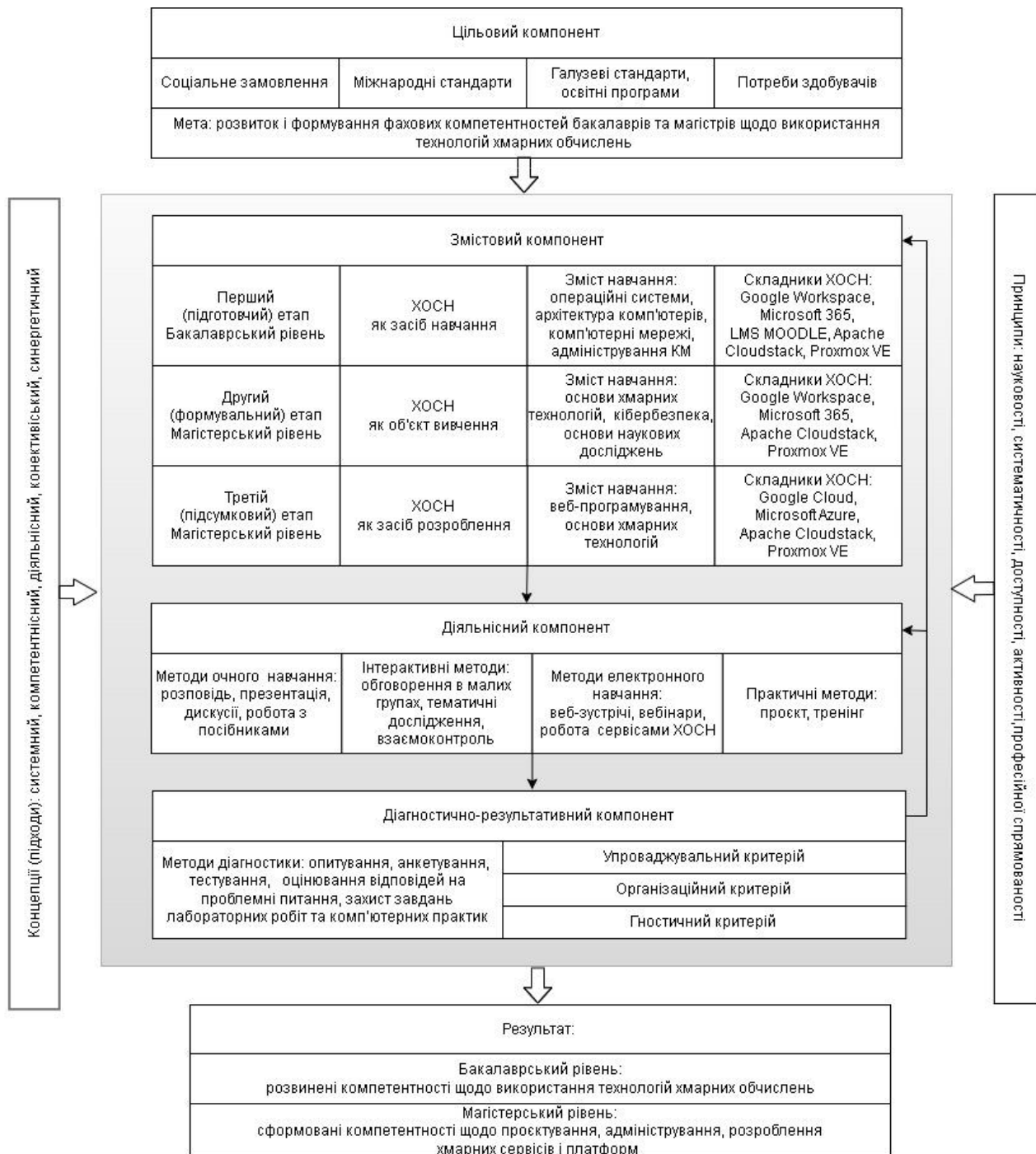


Рис. 2.3.3. Дидактична модель ХОСН

Цільовий компонент дидактичної моделі передбачає створення умов для організації та підтримки спільної навчальної та науково-дослідної роботи студентів. Соціальне замовлення визначає потребу в підготовці вчителя, що володіє компетентностями з використання хмарних технологій, здатний організувати ХОСН закладів освіти, а також формувати відповідну компетентність в учнів.

Модель передбачає використання ХОСН на бакалаврському та магістерському рівнях вищої освіти. На кожному з відповідних етапів передбачено використання студентами технологій ХОСН на різному рівні усвідомлення. Призначення цього компонента полягає в цілепокладанні кожного рівня підготовки, від чого залежить результативність усього процесу.

Він містить мотиви, цілі, потреби в професійному навчанні, самовдосконаленні, саморозвитку засобами хмарних технологій та стимулює творчість у професійній діяльності вчителя інформатики. Відповідно, у студента має розвиватися потреба постійного оновлення власних знань. Мотиваційний компонент містить мотиви педагогічної діяльності, спрямованість на розвиток особистості учнів. Цільовий компонент також передбачає створення сприятливих умов для формування особистісної здатності до майбутньої професійної діяльності в умовах сучасних технологічних змін. Мета навчання реалізується через методологічні підходи до організації процесу професійної підготовки, такі як:

- компетентнісний підхід, який дає змогу виявити зміст складників компетентності з використання хмарних технологій, посилити практико-орієнтованість процесу навчання;
- системний підхід, що дозволяє розглядати всі компоненти пропонованої моделі як цілісну систему та вимагає проєктування моделі, як сукупності взаємопов'язаних елементів;
- діяльнісний підхід орієнтує на пріоритетне використання активних методів навчання;
- особистісно орієнтований підхід, що розглядає студента як суб'єкт навчальної діяльності та вимагає використання в освітньому процесі технологій, які мають на меті різнобічний розвиток особистості; реалізація особистісно-орієнтованого підходу спрямовує процеси навчання відповідно до індивідуальних особливостей і здібностей студента;
- синергетичний підхід розглядає як основні процеси самоорганізації та взаємодії студентів; навчання, згідно із цим підходом, є нестабільним

процесом, внаслідок чого ускладнюються дії щодо адаптації, когнітивні операції та діяльність загалом;

Керівними положеннями дидактичної моделі є принципи науковості, доступності, неперервності, систематичності та послідовності, свідомості та активності, наочності, а також принципи інноваційного навчання, такі як мобільність, адаптивність, гнучкість, повсюдність.

Змістовий компонент спрямовано як на розвиток ключових (цифрова, особиста, соціальна, навчальна), так і на формування фахових (предметних) компетентностей майбутніх учителів інформатики.

Змістовий компонент ІКТ-компетентності майбутніх учителів інформатики передбачає вільне оволодіння навичками роботи з цифровими об'єктами. Рівень розвитку змістового компонента визначається повнотою, глибиною, системністю знань з інформатики та суміжних наук. Це вимагає знання принципів хмарних обчислень, їх використання для проектування та розроблення освітніх ресурсів. Також необхідні знання про загрози безпеці та обмеження цих інструментів.

У дидактичній моделі виокремлено складники фахових компетентностей, що відповідають етапам її впровадження на бакалаврському та магістерському рівнях вищої освіти.

На першому етапі дидактичної моделі, що відповідає бакалаврському рівню вищої освіти, пропонуємо використовувати ХОСН та його складники як засоби для організації освітньої діяльності здобувачів. Другий і третій етапи моделі передбачають підготовку магістрантів до розгортання хмарних платформ та розроблення хмарних сервісів відповідно. У параграфі 4.1 буде визначено складники предметних компетентностей, на розвиток яких спрямовано методику використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики.

Діяльнісний (операційний) компонент передбачає розвиток навичок (у тому числі soft-skills) для застосування хмарних технологій у майбутній професійній діяльності. До них належать уміння налагоджувати міжособистісні стосунки в освітньому середовищі, обирати правильний стиль спілкування в різних

ситуаціях. Здебільшого цей компонент потребує навичок і досвіду, необхідних майбутнім учителям інформатики для розв'язування задач за допомогою хмарних технологій. Випереджальний розвиток цього компонента потребує оволодіння та формування готовності майбутніх учителів інформатики до розроблення та впровадження хмарних обчислень у навчальний процес. Формування відповідних умінь має визначатися професійними потребами майбутніх учителів інформатики.

Діагностично-результативний компонент дидактичної моделі передбачає вимірювання рівнів розвитку фахових компетентностей щодо використання технологій хмарних обчислень та розгортання відповідних сервісів і платформ за впроваджувальним, організаційним та гностичним критеріями.

2.2.3. Сервісна модель

Реалізація *сервісної моделі* ХОСН можлива відповідно до таких сервісних моделей хмарних технологій:

- створення і підтримання власної корпоративної хмари, що обов'язково передбачає побудову, підтримання функціонування й забезпечення розвитку власного центру опрацювання даних, його програмно-апаратних засобів та електронних інформаційних ресурсів, а також існування у ВНЗ потужного ІКТ-підрозділу;
- орієнтація на загальнодоступну хмару, що передбачає використання засобів і сервісів «хмарного» провайдера;
- орієнтація на гібридну (комбіновану) модель реалізації ІКТ-сервісів, тобто одночасне використання корпоративних і загальнодоступних хмар.

Як свідчить досвід, визначення правильної сервісної моделі є запорукою ефективності процесу впровадження ХОСН [218]. Для цього слід проаналізувати дані та послуги, які має надавати здобувачам академічна хмара.

Організаційно простим та інтуїтивно першочерговим видається використання загальнодоступних хмарних платформ. Тим паче, що деякі з них надаються безкоштовно для освітніх закладів. Проте варто проаналізувати

організаційні й безпекові складники моделі та визначити, у який спосіб студенти та викладачі будуть авторизуватися для отримання послуг академічної хмари. Імовірно, що кілька різних платформ будуть мати власні бази даних облікових записів, що створюватиме додаткові складнощі як для здобувачів, так і для персоналу, який здійснює обслуговування ХОСН. У сервісній моделі середовища пропонуємо використовувати єдину систему автентифікації. Щодо підготовки майбутніх учителів інформатики, то моделі SaaS буде недостатньо. Освітні програми передбачають вивчення цифрових засобів, які доцільно моделювати за допомогою хмарних і технологій віртуалізації, що можна забезпечити за допомогою моделі IaaS (див. рис. 2.3.4).



Рис. 2.3.4. Діаграма відповідності сервісних та моделей розгортання ХОСН (на основі [218] та [377])

Це так, навіть незважаючи на наявність освітніх грантів і масових відкритих онлайн-курсів, що пропонують свої хмарні інфраструктури. Проте такий доступ буде фрагментарним і не гарантованим повсякчас. Як видно з рисунка 2.3.4, лише корпоративна хмара або зовнішній провайдер можуть забезпечити наявність і повсюдний доступ до всіх типів об'єктів вивчення. Ми пропонуємо розгортати в ЗВО ХОСН відповідно до моделі «інфраструктура як сервіс», яка в освітньому процесі буде найбільш гнучкою та функціональною. Це не заперечує використання та інтеграцію в ХОСН загальнодоступних хмарних платформ, що

функціонують відповідно до різних моделей. Більше того, у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики доцільним є демонстрування різних платформ з подальшим заохоченням здобувачів до самостійного опанування таких засобів.

Оскільки проєктоване ХОСН передбачає поєднання різнорідних додатків і сервісів, зокрема й тих, що функціонують на фізичних потужностях закладу освіти, то в сервісній моделі вважаємо за доцільне аналіз та використання поняття «ІТ-інфраструктура». В Оксфордському енциклопедичному словнику запропоновано кілька означень, зокрема: «Інфраструктура — базова основа або особливості системи чи організації» [214]. У Великому тлумачному словнику сучасної української мови знаходимо означення на основі системного підходу: «...комплекс взаємопов'язаних обслуговуючих структур чи об'єктів, складових, які забезпечують основу функціонування системи» [154]. У контексті ІТ-інфраструктури такими об'єктами є інформаційні технології, під якими розуміють сукупність методів розроблення інформатичних систем і побудови комунікаційних мереж. В освітній галузі ці методи повинні мати психолого-педагогічний супровід процесів їх проєктування, розроблення і впровадження.

Розглядаючи поняття ІТ-інфраструктури, як складника ХОСН, слід врахувати:

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

В. Ю. Биков висвітлює та 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 вважає актуальним застосування на сучасному етапі інформатизації системи освіти механізмів аутсорсингу 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 трансферу технологій. Автори звертають увагу не лише на сучасний стан інформаційно-комунікаційних технологій університету, а й на перспективи їх розвитку [138].

Важливим аспектом згаданих процесів є оцінювання якості проектування, розроблення й ефективності впровадження інформаційно-комунікаційних технологій, яке доцільно здійснювати з використанням як зовнішніх (проектувальний, конструктивний, організаційний, комунікативний і гностичний), так і внутрішніх (диференціації, індивідуалізації, інтенсифікації процесу навчання і результативності навчальної діяльності) критеріїв [143].

Автори [157] розглядають 3 рівні ІТ-інфраструктури закладів освіти:

- 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 — Remote Desktop Protocol);
- на основі потужного датацентру (системи серверів) і тонких клієнтів, які виконують функції вводу-виводу 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 вебсайту (порталу) навчального закладу;

- функціонування навчальних вебсервісів, таких як сервер електронних курсів, форум, портал відеохостингу, соціальна мережа, вікіпедія, електронна бібліотека, інституційний репозитарій тощо.

С. Г. Литвиною було розроблено інтегровані засоби як складові єдиного освітньо-інформаційного простору закладу середньої освіти [50]. 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.

Досліджуючи концепцію «академічної хмари», О. Г. Глазунова виокремлює такі її рівні: фізичний, рівень віртуалізації та управління віртуальними ресурсами, а також рівні платформ та програмного забезпечення [29]. Нині чимало хмарних сервісів розгортають у центрах обробки даних. Хмарні платформи та інфраструктури функціонують на фізичних серверах насамперед завдяки технології віртуалізації. Сервісна модель ХОСН вимагає визначення його архітектури. Взнявши до уваги результати досліджень [419], [378], [253] виділимо такі рівні сервісної моделі ХОСН: рівень зберігання, рівень базового управління, рівень інтерфейсу, рівень доступу.

Графічне подання сервісної моделі ХОСН має вигляд (рис. 2.3.5).

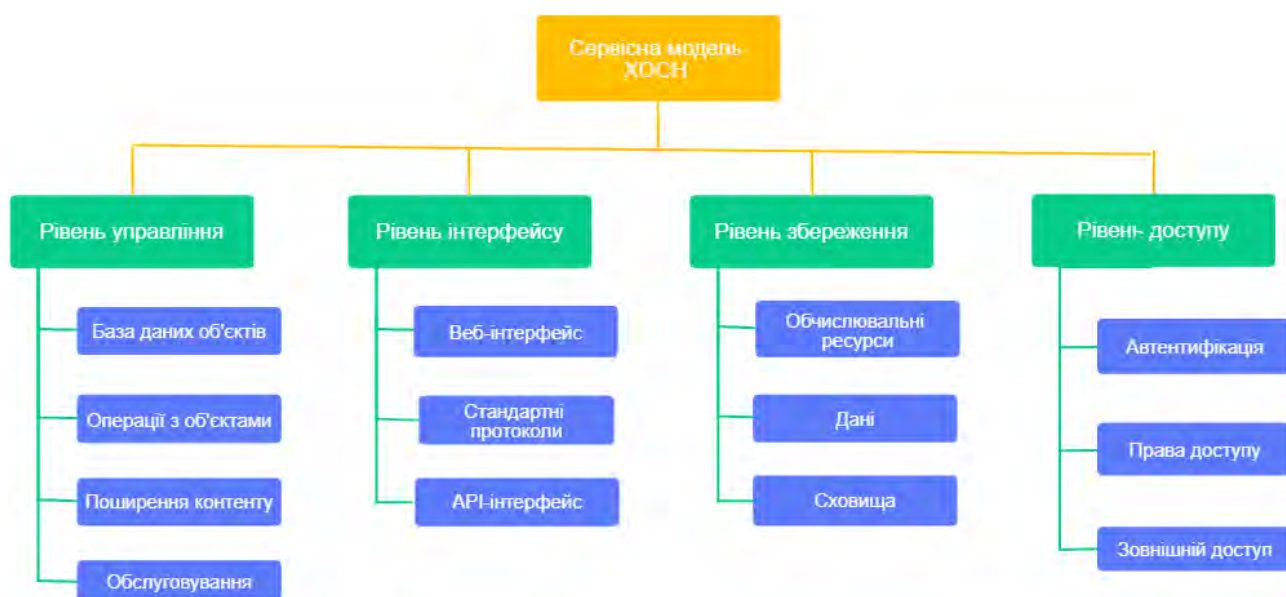


Рис. 2.3.5. Рівні сервісної моделі ХОСН

Коротко охарактеризуємо кожен рівень моделі.

Рівень зберігання відповідає за розміщення файлових ресурсах на публічних або загальнодоступних сховищах. Фізично запам'ятовуючі пристрої можуть бути накопичувачами з інтерфейсами SATA, SCSI, SAS, PciExpress, DAS тощо. Хмарним сховищем можуть бути пристрої зберігання даних, які розподілено між кількома серверами, об'єднаними швидкісними каналами зв'язку. З огляду на сучасний рівень розвитку мережі інтернет, ці сервери можуть перебувати на значній віддалі. У цьому випадку доцільним є їх об'єднання за допомогою технології віртуальних приватних мереж. Такий підхід дає можливість сформувати пул даних значного обсягу. Побудова розподілених центрів обробки даних у різних географічних областях дає вищий рівень задоволення потреб користувачів у хмарному збереженні даних. Порівняно з традиційними сховищами, хмарні не є лише апаратним забезпеченням, а швидше сервісом, для якого потрібні мережеве обладнання, обладнання для зберігання, сервери, програми, інтерфейс загального доступу, мережа доступу, а також клієнтські та інші компоненти.

Рівень управління передбачає керування хмарними ресурсами, що згруповані у кластери. У корпоративній хмарі можуть бути розгорнуті один або кілька серверів управління, що керують об'єктами хмарної інфраструктури. Об'єднання обчислювальних потужностей в одну хмарну інфраструктуру дає можливість забезпечити більшу продуктивність хмари та гнучко нарощувати її. Складниками рівня управління можуть бути системи розповсюдження контенту, сервіси шифрування даних, які спрямовані забезпечити недоступність даних у хмарному сховищі для неавторизованих користувачів. До рівня управління пропонуємо долучити засоби резервного копіювання даних та їх аварійного відновлення задля унеможливлення випадків знищення або втрати даних хмарної інфраструктури.

Рівень інтерфейсу відповідає за взаємодію сервісів академічної хмари з користувачами. Вони можуть мати власні файлові системи та протоколи обміну даних. Проте, незважаючи на різноманітність інтерфейсів, управління хмарними платформами, вони мають бути доступним за протоколом передавання

гіпертексту. Додатково складники середовища мають бути доступними для розширення їх можливостей через API-інтерфейс.

Рівень доступу передбачає, що авторизований користувач може використовувати послуги обробки та зберігання даних у ХОСН. Складники ХОСН мають бути доступні через стандартні мережеві протоколи віддаленого доступу. Це забезпечує студенту можливість, використовуючи свій власний пристрій отримувати обчислювальні ресурси та послуги сховищ з будь-якого місці, де є доступ до мережі інтернет.

Проектування ХОСН на основі сервісної моделі вимагає врахування й безпекового складника. Проте, оскільки зазначені проблеми стосуються не лише технологій (кібербезпека), а й діяльності учасників освітнього процесу (інформаційна безпека), то вважаємо за доцільне описати окрему, безпекову модель. У процесі вибору хмарних платформ у ЗВО не враховують аспекти або повністю покладаються на політики безпеки, які застосовують постачальники хмарних послуг. Зловмисники можуть використовувати вразливості як корпоративних, так і загальнодоступних платформ, що призведе до компроментування систем. На основі аналізу публікацій [360], [394], [201], [397] виділимо основні кіберзагрози, що можуть виникати в процесі використання ХОСН.

Порушення, втрата або сегрегація даних. Порушення даних є критичною проблемою безпеки, оскільки в ХОСН зберігаються значні обсяги даних і навіть за наявності резервних копій на їх відновлення може знадобитися чимало часу. Втрата або витік даних можуть бути здійснені випадково або цілеспрямовано учасниками освітнього процесу, такими як незадоволені співробітники або студенти. Аналогічно зовнішні суб'єкти можуть отримати доступ до хмарної інфраструктури на основі аналізу відкритих джерел. Проблеми із сегрегацією даних є наслідком багатокористувацького режиму, що дозволяє кільком користувачам розподіляти обчислювальні ресурси та зберігати дані на хмарних сховищах. Тому існує ймовірність отримання доступу за допомогою одного з учасників спільного доступу або використовуючи облікові дані анонімного

користувача.

Загрози віртуалізації даних. Завдяки високій мобільності та еластичності хмари, її об'єкти можна легко переміщувати разом із даними з початкового розташування в інше. Іноді це призводить до повної або часткової втрати метаданих, що може спричинити численні перебої в роботі служби та сформувати в користувачів неприємні враження. Для одночасного запуску кількох гостьових віртуальних машин і програм на одній хост-машині та забезпечення ізоляції між гостьовими віртуальними машинами створюється гіпервізор або менеджер віртуальної машини. Гіпервізори є вразливими до атак. Коли зловмисники отримують контроль над гіпервізором, їм будуть доступні всі віртуальні машини та відповідні дані. Наслідком ураження гіпервізора є крадіжка віртуальних комп'ютерів. Крім того, уразливими є ОС, що працюють у віртуальній машині. У такий спосіб зловмисники впроваджують шкідливе програмне забезпечення, яке може не лише вплинути на поточну віртуальну машину, а й обійти рівень гіпервізора.

Питання конфіденційності та цілісності даних. Часто політика конфіденційності в хмарній інфраструктурі зосереджена на захисті даних під час їх передавання між об'єктами. Це має наслідком проблеми щодо безпеки, сумісності та взаємодії між різними постачальниками хмарних послуг. Конфіденційність даних є одним із важливих критеріїв їх збереження на хмарних сховищах. Вона може бути порушена через неправильну інтеграцію між постачальниками хмарних послуг. Розподілене хмарне середовище вимагає особливої уваги до цілісності під час зберігання й отримання даних з кількох сховищ, де може виникнути чимало помилок, пов'язаних як із апаратними збоями, так і з швидкістю та надійністю функціонування мереж.

Проблеми з доступності даних. Дані та послуги мають бути доступними для авторизованих користувачів академічної хмари в режимі «24/7». Загалом існують такі загрози для доступності даних: атака на мережу, доступність постачальників хмарних послуг і стороннє резервне копіювання даних. Академічна хмара має бути захищеною від проблем техногенного характеру або неправильних дій

користувачів, а також розподілених атак типу «відмова в обслуговуванні – DOS».

Проблеми автентифікації та контролю доступу виникають у формі несанкціонованого доступу / використання / до ресурсів у хмарі. У контексті контролю доступу функція еластичності в IaaS створює кілька проблем безпеки через швидку зміну конфігурацій інфраструктури, що робить один або кілька застосованих засобів контролю доступу неефективними. Гнучкість моделі IaaS дозволяє споживачеві налаштовувати віртуальні машини. Це може бути проблемою безпеки, оскільки неправильна конфігурація віртуальних машин може призвести до порушень безпеки через пропуск деяких параметрів безпеки.

Незахищені API. Інтерфейс API зазвичай використовуються для розширення функціоналу хмарної платформи, зокрема для інтеграції з іншими системами на всіх рівнях інфраструктури, мережі, хостів і додатків. Зазначені API можуть бути використані зловмисниками як засоби для здійснення багатьох типів атак. Безпека різних хмарних провайдерів залежить від безпеки API. Проблеми безпеки ХОСН можуть мати зворотний ефект – використання захищених API для деструктивних дій.

Розподіл ресурсів. Академічна хмара використовує платформи, що резервують ресурси з розрахунку їх споживання гіпервізорами, обчислювальної потужності об'єктів, а також кількості користувачів, що одночасно споживають обчислювальні ресурси. У випадку помилкових дій користувачів, DDoS-атак, неправильного конфігурування апаратного забезпечення функціонал академічної хмари буде суттєво обмежений або й недоступний. Зі сторони адміністратора хмари це може мати вигляд дій одного користувача.

У випадку інтеграції академічних хмар закладів освіти згідно з груповою моделі розгортання виникають додаткові безпекові виклики. Вони полягають у необхідності конфігурування відносин довіри між об'єктами інфраструктур ЗВО. У дослідженні [369] розроблено статистичний підхід для довірчого управління груповою хмарною інфраструктурою. Він базується на двох показниках: надійності та впевненості. Перший вимірює, наскільки власник

хмари довіряє своєму партнеру, та залежить від кількості інцидентів та інтенсивності вимірювань. Авторська модель довіри ґрунтується на основі всіх завдань, які виконуються на вузлах інфраструктури, і всіх потоків даних, які вони надсилають і отримують. Дослідники продемонстрували, що існують обчислювальні завдання, що своєю суттю не є зловмисними, але можуть впливати та нести загрозу всьому середовищу. Висновок публікації полягає в необхідності резервування, як інструмента для збільшення надійності платформ хмарних обчислень.

Основні компоненти безпекової моделі ХОСН подані на рисунку 2.3.6.

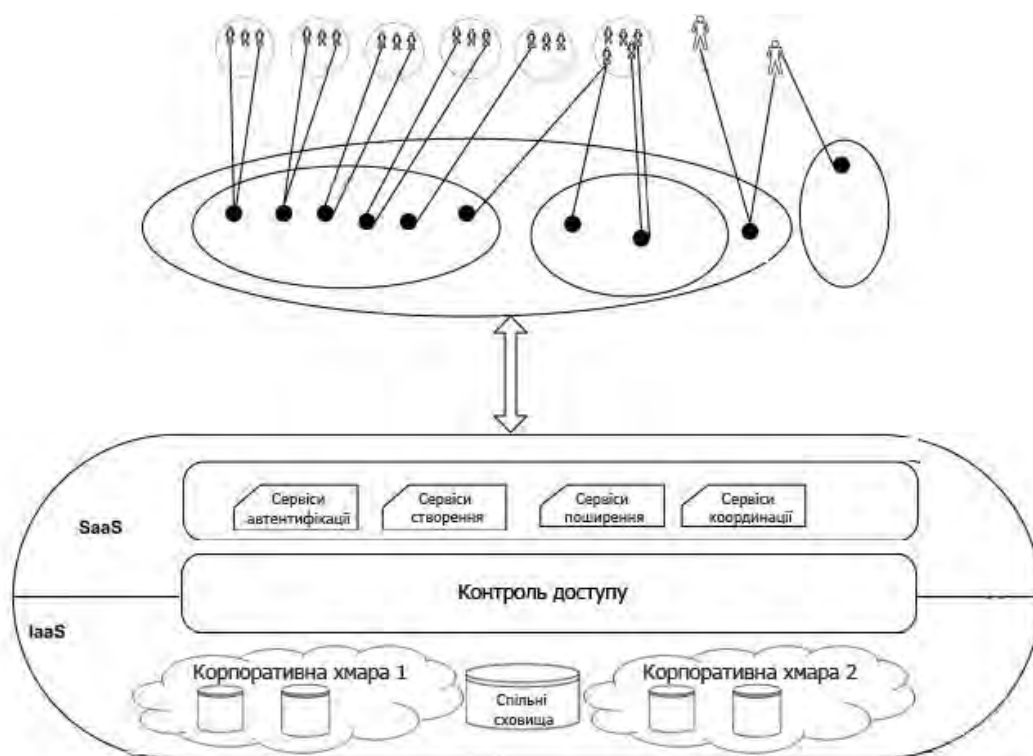


Рис. 2.3.6. Структура безпекової моделі ХОСН

Як видно з рисунка вона передбачає розподіл користувачів за групами та підрозділами створення знань (відповідно до моделі КааS). Їх автентифікація може здійснюватися як на основі облікових записів загальнодоступних хмар, так і на основі локальних баз даних. При цьому базовою вимогою є дотримання сучасних безпекових стандартів і протоколів. Оскільки локальні ІТ-інфраструктури закладів освіти не завжди своєчасно оновлюються, то доцільним вважаємо міграцію або синхронізацію відповідних баз до хмарних провайдерів. Організація спільної роботи має забезпечувати автентифікацію та координацію

роботи користувачів, а також створення й поширення контенту. Враховуючи безпекові вимоги щодо надлишковості, доцільним буде організація так званої мультихмарної інфраструктури та сховищ на основі кількох платформ.

2.2.4. Модель адміністрування

Модель адміністрування ХОСН передбачає формування переліку завдань, які потрібно виконати для розгортання та супроводу середовища.

У кожній ХОСН, як і в будь-якій багатокористувацькій системі, має існувати принаймні один обліковий запис, що виконує роль системного адміністратора. Він відповідає за функціонування системи, володіє навичками, необхідними для усунення помилок і збоїв, забезпечує користувачів необхідними програмними засобами.

Як було обґрунтовано вище, авторська ХОСН має функціонувати відповідно до моделі «інфраструктура як сервіс». Сучасні хмарні платформи, що реалізують цю модель широко використовують технології «клієнт-сервер». Їх ОС вимагають початкового конфігурування й постійної уваги адміністратора для забезпечення коректного, безперебійного й ефективного функціонування середовища та забезпечення освітньої діяльності всіх його користувачів. Адміністратор ХОСН відповідає за вирішення всіх завдань, пов'язаних з роботою як операційних систем, так і хмарних платформ.

Адміністратор ХОСН є фахівцем, що відповідальний за проектування, встановлення, конфігурування, управління й обслуговування фізичних складників середовища (серверів, мережного обладнання, засобів безперебійного живлення), програмних компонент (сервери управління, баз даних, гіпервізори, сховища), а також віртуалізованих об'єктів (віртуальних комп'ютерів, маршрутизаторів, мереж). Він повинен мати відповідні фахові компетентності, що стосуються розуміння принципів функціонування зазначених складників, встановлення, налаштування, інтеграції та супроводу хмарних платформ. Таке конфігурування вимагає коректного виконання завдань із різними пріоритетами.

Враховуючи, що ХОСН можуть бути складними цифровими системами, обов'язки системного адміністратора може виконувати група осіб. Можливі випадки, коли адміністратора ХОСН немає серед працівників закладу освіти. Проте це не означає, що управління роботою систем не здійснюється взагалі. Зазначені компанії можуть запрошувати адміністраторів для виконання окремих завдань і моніторингу систем через віддалений доступ згідно з аутсорсинговою моделлю. Як зазначає В. Ю. Биков, така концепція є економічно та організаційно вигідною [16]. Можливе використання комбінованого підходу, коли розгортання всієї або окремих складників ХОСН здійснює зовнішня організація, а його супровід виконують фахівці ЗВО. Цей підхід також є доцільним у випадку оренди обчислювальних потужностей відомих вендорів.

Для виконання завдань управління адміністратор хмари використовує відповідний обліковий запис. Для звичайної роботи адміністратор має використовувати обліковий запис непривілейованого користувача. Зазначені ситуації можливі у випадку, якщо розгортання та супровід ХОСН виконують науково-педагогічні працівники ЗВО. Кількість користувачів, що входять у систему з повноваженнями адміністратора, слід обмежити — не більше двох-трьох осіб. У випадку реєстрації в ОС чи хмарних платформах з використанням облікового запису адміністратора, користувач одержує над ними практично необмежений контроль. Наприклад, він може змінити атрибути будь-якого об'єкта, припинити роботу системи, перезавантажити її або виконати інші операції, не доступні звичайному користувачеві.

Адміністратор має бути експертом з питань функціонування систем і мереж. Він має вміти знаходити компроміс між вимогами користувачів та можливостями їх реалізації в системі. Адміністратор ХОСН у співпраці з професорсько-викладацьким складом випускових кафедр розробляє правила роботи користувачів у середовищі. Для цього слід врахувати особливості як архітектури локальної інфраструктури, так і моделі ХОСН. Важливим аспектом є обґрунтування та доведення цих правил здобувачам. Концептуальними положеннями розгортання ХОСН як сукупності обчислювальних ресурсів є:

- якнайбільш повний доступ користувачів до власних ресурсів;
- максимальне обмеження доступу до ресурсів інших користувачів;
- постійне ведення статистики та здійснення моніторингу діяльності користувачів ХОСН;
- об'єднання користувачів у групи та надання їм доступу до об'єктів спільної навчальної діяльності;
- відповідальність користувачів за цілісність та доступність їх власних ресурсів.

Перше положення передбачає створення хмарних ресурсів для кожного користувача ХОСН та надання власнику повного доступу до них. Стандартною вимогою є той факт, щоб віддалений доступ до цих ресурсів був організований різними засобами (VPN-сервер, FTP-сервер, RAS-сервер, сервер терміналів тощо) з використанням сучасних криптографічних стандартів.

У другому та третьому положенні зазначено, що користувачі повинні мати доступ лише до власних ресурсів й не мати доступу до ресурсів академічної хмари, що належать іншим користувачам. Якщо специфіка освітнього процесу вимагає забезпечення спільного доступу до об'єктів хмарної інфраструктури, то адміністратору слід або обмежити доступ щодо внесення змін до об'єктів або налаштувати моніторинг з можливістю з'ясування причин проблем у функціонуванні цих об'єктів.

Четверте положення містить рекомендації щодо структурування облікових записів студентів та викладачів у підрозділи та групи. Підрозділи можна сформувати у вигляді каталогу, що має ієрархічну структуру. Облікові записи груп спрощують адміністрування складних інфраструктур та дозволяють обмежити доступ для «зовнішніх» користувачів.

Останнє положення передбачає формування у здобувачів як складника інформатичної компетентності переконання, що за цілісність даних та ресурсів першочергово несе відповідальність користувач-власник. Студенти та викладачі мають зберігати в таємниці власні реєстраційні дані. Кожен з них персонально несе відповідальність за конфіденційність зберігання паролів, надання

несанкціонованого доступу до персональних мобільних пристроїв, публікацію зазначеного контенту у відкритому доступі.

Оскільки ХОСН можуть бути інтегровані у локальну мережну інфраструктуру, розгорнуті корпоративні та загальноступні хмарні платформи, то системним адміністраторам доводиться виконувати «традиційні» та специфічні завдання, що притаманні обслуговуванню хмарних сервісів. До цих належать:

- Встановлення та конфігурування апаратного забезпечення.
- Встановлення та конфігурування мережних ОС.
- Керування обліковими записами користувачів. Додавання, видалення облікових записів користувачів і визначення їх привілеїв.
- Налаштування пристроїв, розподілених і локальних ресурсів.
- Створення резервних копій. Визначення правил створення резервних копій для зниження втрат і відновлення даних після можливих збоїв у роботі системи.
- Вимикання системи. Коректне вимикання системи дає змогу уникнути втрат даних й збоїв файлової системи.
- Навчання користувачів. Навчання користувачів особливостей роботи у системі для підвищення ефективності їхньої праці.
- Надання допомоги користувачам. Адміністратор виступає в ролі експерта, який допомагає користувачам розв'язувати їх проблеми, пов'язані з експлуатацією системи.
- Забезпечення безпеки системи. Системний адміністратор організовує взаємодію користувачів на основі їх привілеїв.
- Ведення системного журналу та реєстрація змін у системі. Переважна більшість сучасних мережних ОС дає змогу відслідковувати зміни у системі. Для цього використовують системні журнали різноманітних форматів (як текстових, так і кодованих).
- Документування власної діяльності щодо адміністрування мережі. Специфікою професійної діяльності адміністратора хмарних систем є те, що

він відповідає за роботу в змішаному середовищі, яке містить різноманітні апаратні і програмні засоби, зокрема ОС Windows і Unix. Тому він має бути здатним керувати багатьма екземплярами об'єктів хмарної інфраструктури та кількома фізичними серверами. Адміністратор також керує, наглядає та підтримує ХОСН відповідно до вимог закладу освіти. Бажано, щоб особа на цій посаді мала глибокі знання технологій віртуалізації, мережних технологій. Вітаються навички написання коду, що стануть у пригоді в разі використання моделей IaaS та PaaS, та вміння працювати з програмним забезпеченням як послугою (модель SaaS).

Адміністратор має проєктувати, налаштовувати, впроваджувати та керувати хмарними платформами, які становлять базову інфраструктуру академічної хмари. Імовірно, йому доведеться опанувати оркестрування кількох платформ, балансування робочого навантаження на гіпервізори, автоматизацію розгортання компонент інфраструктури. Він має бути готовим контролювати та змінювати її складники відповідно до визначеної методології та спроектованих моделей. Наприклад, останніми роками хмарні технології трансформуються з об'єкта, що проєктується в ІТ-інфраструктурі, у засоби для її управління. Нині популярним стає підхід хмарного управління мережами, що функціонує як послуга та спрощує керування локальними мережевими пристроями, такими як бездротові точки або комутатори. Аналіз і вибір хмарних провайдерів також належить до компетенцій адміністратора академічної хмари. Від його рішень залежать не лише функціональність хмари, а й економічні затрати на її розгортання та супровід.

Професіонал вивчає конфігурацію та мережеву безпеку систем, щоб переконатися, що вони працюють належним чином і є актуальними. Крім того, особа відповідає як за оновлення операційних систем, що виконуються на фізичних серверах, так і за встановлення актуальних дистрибутивів хмарних платформ.

Системний адміністратор зазвичай відстежує та аналізує продуктивність розгорнутих хмарних платформ. Він аналізує, оцінює та впроваджує нові

технології, а також інтегрує системи в хмарне середовище. Як і у випадку мережного фахівця, відповідальний адміністратор хмари розробляє документацію для забезпечення зручності освітньої діяльності користувачів.

Бажаною вимогою є успішне закінчення адміністратором хмарних систем сертифікаційних програм або масових відкритих онлайн-курсів щодо роботи з хмарними платформами такими як Google Workspace, Microsoft 365, Microsoft Azure, Amazon Web Services, Google Cloud Platfotm та інших.

Для адміністратора хмарних систем бажаною є наявність базової освіти в галузі комп'ютерних наук, інформаційних технологій, телекомунікацій або педагогічної освіти за спеціальністю «014.09 Середня освіта (інформатика)».

Автори дослідження [426] розробили модель адміністратора корпоративної хмари, що містить такі складники:

- цінності, що переважно стосуються соціальної та професійної етики адміністративного персоналу, їх прагнення до самовдосконалення. обов'язковим є дотримання фахівцем міжнародного та національного законодавства, самодисципліна, чесність і відвертість у роботі з колегами;
- професійні здатності, що оцінюють рівень фахових компетентностей, застосування та використання управлінських здібностей, підвищення сервісного рівня й оновлення знань відповідно до обов'язків адміністративних посад;
- відповідальність як ставлення до професійних обов'язків, старанність і професіоналізм у виконанні задач адміністрування, дотримання трудової дисципліни;
- досягнення як результативний фактор виконання обов'язків адміністратора, кількість, якість та ефективність робочих завдань, рівень досягнень, зокрема через участь у тренінгах і сертифікаційних програмах.

Повертаючись до питання моделі адміністрування ХОСН, зазначимо, якщо стратегія розвитку ЗВО 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 суто корпоративної до повністю аутсорсингової або гібридної сервісної моделі управління ІКТ [16]. Як наслідок, доцільним є розгортання хмарних сервісів згідно з гібридною моделлю, яка поєднує загальнодоступну, корпоративну та групову моделі. Зауважимо, що в цьому випадку академічна хмара проєктується та розгортається аутсорсинговою компанією на потужностях освітнього закладу.

На нашу думку, за сучасних умов повний перехід від корпоративної до аутсорсингової моделі є передчасним. З одного боку, безумовне передавання усіх завдань обслуговування ІТ-інфраструктури ЗВО може виявитися економічно нерентабельним. З другого боку, у вітчизняних університетах працюють кваліфіковані фахівці в галузі адміністрування комп'ютерних мереж і систем. У випадку впровадження аутсорсингової сервісної моделі виникнуть питання зайнятості або її працевлаштування цих фахівців. Враховуючи це, ми пропонуємо трансформувати аутсорсингову модель, створивши з висококваліфікованих фахівців відділ сервісного обслуговування ІТ-інфраструктури ЗВО. Такий відділ, зокрема, міг би виконувати й завдання впровадження та інтеграції хмарних технологій у навчальні середовища. У цьому випадку моделлю розгортання хмарних технологій також буде гібридна, яка передбачає поєднання загальнодоступної та корпоративної моделей. Надання хмарних платформ користувачам в обох випадках є можливим згідно з кожною моделлю SaaS, PaaS, IaaS, DaaS.

Проєктування та впровадження ХОСН пропонуємо здійснювати в кілька етапів:

- вивчення можливостей сучасних хмарних сервісів, які пропонують вітчизняні та зарубіжні вендори;
- аналіз наявної ІТ-інфраструктури ЗВО та з'ясування сервісів, які можна мігрувати на загальнодоступні та корпоративні хмарні платформи;
- розроблення рішень щодо реалізації завдань;
- монтаж необхідного апаратного забезпечення;
- встановлення й конфігурування програмного забезпечення;

- інтеграція хмарних сервісів у хмаро орієнтовані середовища навчання;
- адаптація сервісів до потреб навчального процесу;
- сервісне обслуговування та супровід розгорнутих середовищ.

2.3. Критерії добору цифрових платформ хмаро орієнтовного середовища навчання майбутніх учителів інформатики

Нині на ринку хмарних платформ спостерігаються такі тенденції як посилення уваги до захисту даних користувачів; прагнення споживачів до заощадження матеріальних ресурсів через спільне використання ресурсів; підвищення відповідальності хмарних вендорів, зокрема й тих, що пропонують вільнопоширювані платформи [294], [213],[143]. З огляду на це вибір платформ для ХОСН підготовки майбутніх учителів інформатики потребує врахування широкого кола аспектів.

Відповідно до змісту та структури визначених у попередніх параграфах моделей, виділимо та конкретизуємо критерії добору цифрових платформ, які пропонуємо розгортати в структурі хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики. У процесі визначення вважаємо за доцільне розглядати як критерії добору платформ складники концептуальної та дидактичної моделі, а також об'єднати в технологічну групу критеріїв компоненти сервісної та моделі адміністрування.

Отже, до дидактичних критеріїв добору платформ ХОСН слід долучити:

1. Забезпечення повсюдної навчальної діяльності здобувачів, з будь-якого місця, у будь-який час, використовуючи будь-який пристрій із підключенням до інтернету.
2. Інваріантність вивчення реальних і віртуальних об'єктів, що визначається не лише необхідністю формування компетентностей щодо діяльності з різними цифровими об'єктами, а й синергетичним ефектом посилення сприйняття таких об'єктів.

3. Моніторинг і контроль діяльності здобувачів з метою надання їм допомоги, оцінювання результатів їхньої діяльності, ілюстрування процесів підтримки роботи користувачів корпоративних мереж.
4. Можливість взаємодії здобувачів між собою, що є важливим складником формування готовності здобувачів до спільної роботи та розвитку комунікативних навичок.
5. Керованість ресурсів здобувачів з боку викладача, що забезпечує систематичність і тестування розв'язків та оцінювання навчальних досягнень здобувачів.
6. Відповідність різним моделям розгортання хмарних технологій задля забезпечення можливості розгортання здобувачами якнайбільшої кількості платформ та дослідження їх можливостей.
7. Перспективність, що визначає потенційну можливість платформи як до оновлення в технічному, так і до розвитку в дидактичному аспекті.

До технологічних критеріїв зараховуємо:

1. Доступність – платформи мають бути доступними для встановлення на тому обладнанні, що є наявним у закладі освіти, зокрема й на персональних комп'ютерах.
2. Підтримка загальноприйнятих мережних протоколів, що забезпечить як комунікацію в межах ХОСН, так і його інтеграцію в ІТ-інфраструктуру ЗВО, доступ з інтернету.
3. Функціональність, що передбачає забезпечення надання значного обсягу обчислювальних ресурсів,
4. Легальність поширення платформ та доступу до їх ресурсів.
5. Гнучкість налаштування з використанням різних засобів (конфігураційні файли, командний, графічний, мобільний та вебінтерфейс).
6. Інтеграція з іншими додатками та сервісами освітнього середовища ЗВО.
7. Контрольованість з боку системного адміністратора.
8. Захищеність ХОСН загалом та його складників, зокрема для забезпечення їхньої конфіденційності, цілісності та доступності.

Висновки до розділу 2

У розділі було сформульовано основну та часткову гіпотези. Провідні ідеї дослідження розкриваються як теоретико-методологічний, технологічний та методичний концепти. Вони знайшли своє відображення в доборі методів дослідження, логіці та змісті проведення педагогічного експерименту.

На основі аналізу вітчизняних і зарубіжних джерел з проблематики розгортання хмарних платформ та їх впровадження в галузь освіти було розроблено такі компоненти моделі хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики:

- концептуальна модель ХОСН описує основні вимоги до середовища стосовно забезпечення процесу підготовки майбутніх учителів інформатики (інтеграція фізичного та віртуального середовищ діяльності, підтримка особистісно-орієнтованого та групового навчання, інваріантний доступ до об'єктів вивчення);
- дидактична, що визначає етапи застосування складників ХОСН у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики (підготовчого, продуктивного, узагальнювального).
- сервісна, що визначає функціональні вимоги до середовища. Для цього було проаналізовано сервісні та моделі розгортання хмарних технологій;
- модель адміністрування, що описує завдання, які слід виконати для здійснення процесів розгортання та супроводу академічної хмари.

Враховуючи, що сучасні знання почасти продукуються командами дослідників, проєктоване середовище має якнайповніше забезпечувати командну роботу студентів. Для цього важливими є і технічні можливості платформ, і навчально-методичне наповнення змісту освіти. Для забезпечення підтримки освітнього процесу середовище має технічно та методично інтегрувати в комбіновану хмару хмарні платформи (загальнодоступні та корпоративні), що реалізують усі сервісні моделі. У подальшому на основі спроектованих моделей буде виконано добір хмарних платформ, вивчення їхніх

технічних можливостей, інсталяцію, конфігурування та інтеграцію, розроблення методик адміністрування та використання їх у закладах вищої освіти.

Основні результати дослідження, викладені в другому розділі, відображено в таких публікаціях автора: [126], [68], [94], [87], [67], [2], [180].

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЇ АДМІНІСТРУВАННЯ ХМАРО ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

3.1. Єдина система автентифікації користувачів хмаро орієнтованого середовища навчання

Розвиток розвитку науки і техніки, постійний прогрес у створенні інформаційних технологій призвели до того, що комп'ютер та мережа інтернет стали практично незамінними засобами здобуття знань. Зважаючи на це, педагоги дедалі частіше використовують освітні вебресурси Всесвітньої мережі, а також створюють власні.

Впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освітній процес ставить вимоги щодо функціональності та якості освітніх ресурсів. Незважаючи на те, що кількість освітніх ресурсів інтернету стрімко зростає, викладач не завжди може дібрати якісний екземпляр, який задовольняв би зазначені вище вимоги. Особливо актуально постає проблема розроблення освітніх ресурсів у загальноосвітніх закладів освіти. З огляду на це, компетентності добирати, створювати та адаптовувати інформаційні освітні ресурси є важливим компонентом фахових компетентностей сучасного учителя інформатики [139].

Розв'язання зазначеної проблеми можливе лише в комплексі з іншими завданнями — оснащення шкіл сучасними комп'ютерною технікою та цифровими засобами підтримки навчання, приєднання їх до інтернету, підготовка та сертифікація вчителів. На виконання цих завдань спрямовано державну реформу «Нова українська школа», яка, зокрема, передбачає:

- забезпечення закладів середньої освіти сучасними навчальними комп'ютерними комплексами та системними і прикладними програмними продуктами;
- надання закладам освіти швидкісного доступу до інтернету з використанням сучасних технологій під'єднання для вискоєфективного доступу до освітніх ресурсів;

- удосконалення системи підготовки та підвищення кваліфікації педагогічних кадрів у галузі впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освітній процес, забезпечення стовідсоткового володіння такими знаннями всіма педагогічними працівниками;
- створення системи дистанційного навчання дітей з обмеженими можливостями та дітей, які перебувають на довготривалому лікуванні;
- створення системи вебсайтів усіх загальноосвітніх навчальних закладів для опублікування кращих освітянських надбань;
- формування єдиного освітнього середовища, забезпечення інформаційної інтеграції освітніх ресурсів, інформаційної безпеки та централізованого фільтрування несумісного з навчальним процесом контенту [61].

Протягом 2016–2021 років інфраструктура комп'ютерних комплексів закладів середньої освіти оновлювалася апаратними і програмними засобами. Перехід до дистанційного навчання в часи пандемії Covid-19 сприяв зміні підходу щодо встановлення інтернет-серверів закладу освіти до розроблення або міграції його освітніх ресурсів на хмарні потужності. При цьому виникла інтеграція цих ресурсів у наявні освітні середовища.

Проблемам розвитку інформаційно-освітніх середовищ присвячено дослідження багатьох українських науковців: В. Бикова, Т. Вакалюк, О. Глазунової, М. Жалдака, О. Кузьмінської, І. Кухаренка, С. Семерікова, О. Спіріна, М. Шишкіної та ін.

При цьому постають проблеми добору програмних засобів і раціонального використання освітніх інформаційних ресурсів, створених на їх основі. Розв'язуючи обидві проблеми, слід враховувати, як базову характеристику єдиного освітнього простору, необхідність інтеграції різних сервісів. У цьому контексті одним з першочергових завдань є організація доступу користувачів до ресурсів освітнього простору.

Враховавши специфіку закладу освіти, визначимо перелік програмних засобів або сервісів, які формуватимуть його освітнє середовище. Зазвичай обмін інформаційними ресурсами в кожній розподіленій системі відбувається за

принципом «клієнт-сервер». Тому технологічною основою розглядуваного простору має бути комп'ютерна мережа, разом з виділеними серверами, що слід ізолювати в так звану демілітаризовану зону (DMZ – Demilitarized Zone).

Мережу закладу, як і кожен корпоративну мережу, слід проектувати з урахуванням достатньо великої кількості користувачів, можливості здійснення ними активної навчальної діяльності. Ще однією її особливістю є той факт, що користувачі мережі (насамперед учні, студенти) не мають постійного, наперед визначеного місця діяльності. Зрозуміло, що такий підхід вимагає водночас впровадження та застосування розподіленої бази даних облікових записів користувачів, а також засобів централізації управління мережею.

Централізоване збереження облікових записів можливе за умови застосування доменної структури локальної мережі. У цьому випадку роль контролера домену має виконувати виділений сервер.

Загалом серед програмних засобів у складі освітнього простору виділимо дві групи;

- сервіси, які виконують функції надання доступу до ресурсів;
- ресурси, які власне містять освітній контент.

До першої групи зарахуємо сервіси:

- контролю доступу до інтернету;
- надання доступу до мережі освітнього закладу, наприклад, за допомогою технології віртуальних приватних мереж;
- поштова система;
- сервіси обміну файлів у мережі інтернет.

Складники другої групи важко окреслити, з огляду на їх постійний розвиток. Проте варто описати їх базовий функціонал:

- презентація закладу освіти в інтернеті;
- створення навчальних ресурсів, наприклад, через систему електронних навчальних курсів;
- забезпечення соціальних контактів учасників навчального процесу;
- наповнення онлайн-енциклопедій;

- довготривале збереження й надання відкритого доступу до наукових та освітніх матеріалів;
- публікація та трансляція контенту у відеоформаті.

Аналізуючи ресурси та сервіси сучасного інтернету, можна стверджувати, що описані складники реалізовані потужними корпораціями та вже чимало часу надаються безкоштовно або зі значними знижками для освітніх закладів. Наприклад, загальновідомим лідером серед систем електронної пошти є система Gmail компанії Google Inc. Також важко порівняти функціонал і можливості комп'ютерних засобів найбільших університетів з «гігантами» інтернету — системою відеохостингу YouTube чи соціальною мережею Facebook.

Водночас створення й використання власних навчальних ресурсів у освітніх середовищах має такі переваги:

- збереження навчального контенту (жодна стороння компанія, яка надає ресурси чи сервіси безкоштовно, не має жодних зобов'язань перед освітнім закладом);
- відсутній рекламний чи інший контент, який не пов'язаний з навчанням і вихованням або суперечить нормам етики й моралі;
- можливість використання ресурсів без доступу до мережі інтернет, що може бути деякою перевагою під час війни.

Традиційно для роботи з кожним таким сервісом чи ресурсом студентам і викладачам надають окремі реєстраційні дані (логін і пароль). Недоліками такого підходу є значна кількість імен і паролів для облікових записів однієї особи, проблеми сумісності сервісів, їх складна архітектура, труднощі супроводу та підтримки.

Як було зазначено вище, одним із найважливіших аспектів такої інтеграції є організація єдиної системи автентифікації користувачів. Зазначену систему може бути засновано на одній із концепцій:

1. Синхронізація даних з обліковими записами користувачів усіх сервісів.
2. Використання спільної бази даних облікових записів користувачів, проте для доступу до кожного сервісу необхідна окрема автентифікація.

3. Механізм, за допомогою якого єдина дія щодо автентифікації та авторизації користувача надає йому доступ до всіх сервісів системи.

Кожну з цих концепцій може бути реалізовано через:

- внесення змін до коду програмних засобів для використання єдиної бази облікових засобів;
- використання системи, яка дозволяє користувачеві використовувати єдиний обліковий запис для авторизації на окремих сайтах, порталах, блогах, форумах тощо;
- застосування зовнішньої стандартизованої бази даних, з якої складові порталу можуть автентифікувати користувача.

Оскільки перший спосіб вимагає значних затрат, розглянемо другий і третій. Типовою системою в мережі інтернет, яка надає можливість єдиної автентифікації, є OpenID. Нині використовується версія OpenID Connect 1.0. Це простий рівень ідентифікації на основі протоколу OAuth 2.0, що дозволяє перевіряти достовірність користувача на основі автентифікації, виконаної сервером авторизації [343]. Проте вона передбачає конфігурування додаткового сервісу – провайдера OpenID або звертання до зовнішнього провайдера.

OAuth (скорочення від англ. Open Authorization) — це відкритий стандарт авторизації, який забезпечує користувачам можливість відкривати доступ до своїх приватних даних, що зберігаються на одному сервісі (сайті, базі даних), іншому, без необхідності вводу імені користувача та паролю. OAuth дозволяє користувачам надавати сайтам так звані маркери доступу, що генеруються та розміщуються на сайтах-сервісах. Кожен маркер доступу надає доступ конкретному сайту (наприклад, сайту редагування відео) до конкретних ресурсів (наприклад, тільки відео від конкретного альбому) та на визначений термін (наприклад, на наступні 2 години). Це дає змогу користувачам надавати доступ третім сайтам до їхньої інформації, що зберігається на інших сайтах — постачальниках послуг, не передаючи повною мірою самих даних та без застосування імені / паролю.

OAuth 2.0 є наступним поколінням протоколу OAuth, що не має зворотної сумісності з OAuth 1.0. Він призначений для підтримки розвитку протоколів автентифікації та авторизації засобами стандартизованих потоків повідомлень на основі технологій JSON і HTTP; OpenID Connect та використовує їх для надання послуг ідентифікації [330].

Відмінності між OpenID та OAuth полягають у тому, що перший дозволяє сайту впевнитися, що його користувач володіє персональним URL (своїм сайтом, блогом, профілем). Цього факту достатньо для того, щоб використовувати унікальний URL для розпізнавання того ж самого користувача наступного разу. Усі інші відомості стосовно отримання даних облікового запису користувача – прізвища, імені, дати народження, адреси електронної пошти тощо – та дозвіл будь-якої активності на сайті визначаються алгоритмами вебвузла. Іншими словами, OpenID – протокол лише для здійснення автентифікації. OAuth дозволяє програмі отримати від користувача права на використання певного API. Права позначаються токеном, властивості якого не визначені: він може бути однаковим для різних користувачів, може бути різним для одного в різний час. Токен є ключем, що гарантує додаток або сервіс зможе виконувати визначені дії на іншому сервісі. Іншими словами, OAuth забезпечує авторизацію.

Зазначені протоколи можуть бути затребуваними у випадку використання в освітньому закладі стандартної бази користувачів, наприклад доменної. Принциповою особливістю домену є централізоване збереження та опрацювання даних облікових записів користувачів. Стандартним засобом для організації доменів у локальних мережах є служба Microsoft Active Directory, використання якої в загальноосвітній школі є проблематичним через:

- високі вимоги щодо апаратного забезпечення сервера;
- комерційну ліцензію для використання серверної операційної системи, складовою якої є служба каталогів Active Directory.

Тому в процесі проектування ХОСН слід звернути увагу на вільно поширюване програмне забезпечення з відкритим кодом, а також на можливість використання хмарних сервісів для забезпечення автентифікації. Вартими уваги

вважаємо Open Source Unix-подібні операційні системи, наприклад, Linux та FreeBSD. Альтернативним способом є отримання ліцензій від компаній Microsoft у межах грантів та академічних програм [304].

У комерційній ОС Windows для доступу до бази облікових записів користувачів домену Active Directory використовують полегшений протокол доступу до каталогів (LDAP — Lightweight Directory Access Protocol). Для Unix-подібних операційних систем реалізовано власну систему доступу до каталогів — програмний сервер OpenLdap, який також працює за протоколом LDAP.

Суть протоколу полягає у можливості зберігання даних в ієрархічній структурі [194]. Зазвичай сховищем даних є каталог на сервері LDAP. Основне поняття — об'єкт каталогу можна уявити як таблицю бази даних. Вузли в ієрархії каталогу LDAP містять дані про об'єкт і є аналогічними записам реляційної бази. Характеристики об'єкта містять атрибути, які є аналогом полів. Рівні в ієрархічному дереві іменують за допомогою загальноприйнятих позначень: країна — «C» (Country), рівень організації — «OU», імена користувачів — «CN» (Common Name). Оскільки об'єкт у структурі LDAP має бути унікальним, то для його опису використовують унікальне ім'я (DN — Distinguished Name). Унікальне ім'я отримують послідовним визначенням значень атрибутів (C, OU, CN тощо).

Водночас організація даних у каталогах відрізняється від реляційних баз:

- у каталозі LDAP може існувати атрибут (поле) з іменем, але кількома значеннями, а можуть існувати два поля з однаковим іменем, але різними значеннями;
- у каталогах LDAP дані упорядковані ієрархічно, а також можуть бути об'єднані у групи, наприклад, за значенням певного атрибута.
- об'єкти в каталогах можна розширити в об'єктно-орієнтованому сенсі, додавши нові атрибути.

Серед дій із каталогом LDAP слід виділити операції автентифікації (bind, unbind) та відмови. Операцію bind використовують для автентифікації

користувача на основі наданих даних (DN, пароль тощо). Завершує сеанс роботи операція unbind. Операцію відмови використовують для скасування дій в каталозі. Для захисту з'єднань у протоколі LDAP інкапсульовано загальноприйняті протоколи шифрування (SASL, SSL, TLS).

Для організації домену локальної мережі в пропонованих ОС Linux (FreeBSD) на сьогодні використовують програмний сервер Samba4. До недоліків домену, функції контролера якого виконує зазначений сервер належать неможливість повної інтеграції з доменами Active Directory з подальшою реплікацією їх даних, відсутність достатньої кількості якісних засобів адміністрування комп'ютерів домену (делегування повноважень, політики безпеки), розроблених для ОС Linux.

Проте зазначені недоліки може бути частково скомпенсовано завдяки обмеженню доступу до сервера Samba з мережі інтернет, побудові домену на основі каталогу LDAP, розробленню скриптів для віддаленого адміністрування. Додатково слід зазначити, що в межах невеликого закладу освіти відсутня потреба створення кількох ієрархічних доменів локальної мережі.

Розглянемо застосування каталогу LDAP для створення єдиної системи автентифікації на прикладі фізико-математичного факультету ТНПУ імені Володимира Гнатюка. Оскільки більшість ресурсів сучасного інтернету розроблено у формі вебсторінок (вебсайтів, вебпорталів), то програмною основою для обміну навчальними ресурсами в освітньому середовищі є вебсервер. Він надаватиме користувачам доступ до таких ресурсів:

- сайту, який виконує презентаційну функцію; для розроблення сайту сьогодні використовують системи управління контентом (CMS), наприклад, WordPress, ModX, Drupal, Joomla!.
- сервера електронних курсів, який можна організувати на основі системи управління навчанням, наприклад MOODLE;
- Вікіпедії – відкритої інтернет-енциклопедії, яку можна побудувати на платформі MediaWiki;
- електронної бібліотеки університету, яка забезпечуватиме можливість

збереження та надання відкритого доступу до навчальних і наукових матеріалів;

- поштової системи, яка надаватиме користувачам доступ до персональних поштових скриньок;
- системи контролю доступу до бездротових мереж та інтернету.

Функції сервера LDAP може виконувати один і той же сервер під управлінням ОС Linux (FreeBSD). Розглянемо фрагмент каталогу LDAP (рис. 3.1.1), у якому зберігаються облікові записи користувачів домену.

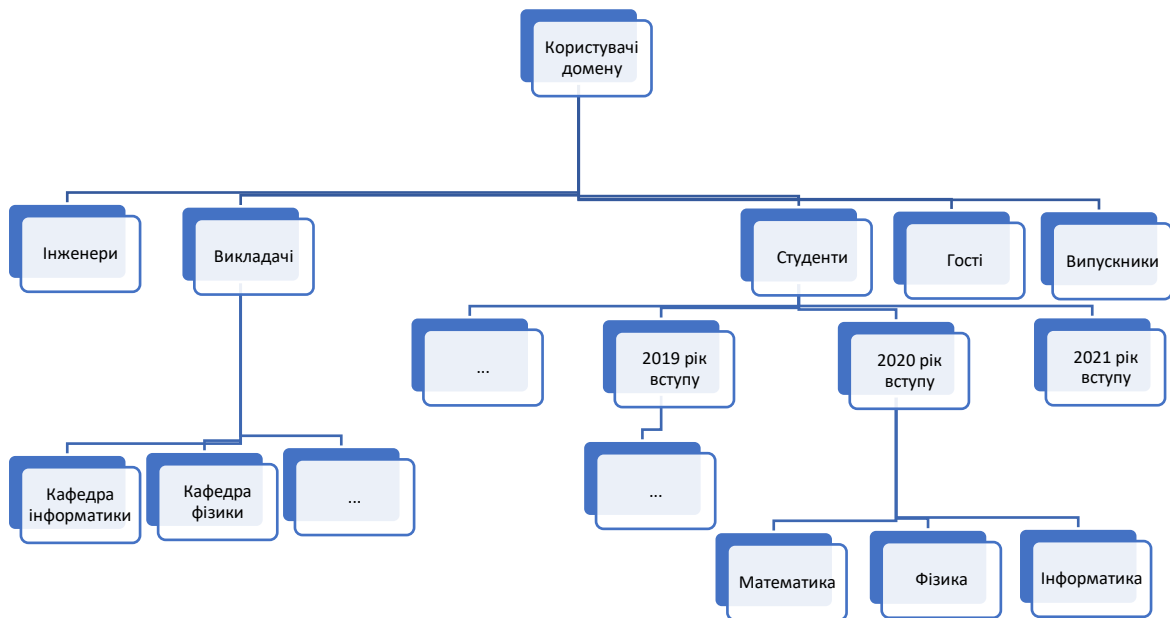


Рис. 3.1.1. Приклад структури каталогу LDAP

Слід звернути увагу, що в каталозі зберігаються різні об'єкти, зокрема облікові записи користувачів, їх груп, комп'ютерів тощо. Такий підхід дає можливість за допомогою запитів формувати фільтри для визначення атрибутів об'єктів каталогу. Поряд з контейнером *Студенти* пропонуємо використовувати контейнер *Випускники*. Тобто після закінчення навчання облікові записи студентів слід переносити в цей контейнер, у такий спосіб надаючи їм можливість доступу до освітнього середовища закладу освіти.

Атрибути облікового запису (таблиця 3.1.1) як об'єкта каталогу LDAP

дають можливість здійснити автентифікацію.

**Таблиця 3.1.1 Атрибути каталогу LDAP,
що використовуються для єдиної автентифікації користувачів ХОСН**

| Атрибут | Приклад значення | Опис |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| objectClass | Person | клас даного об'єкта (особа) |
| Description | IM_2019 | опис даного об'єкта (спеціальність, рік вступу) |
| distinguishedName | CN=vivcharuk,OU=IM,OU=2019,OU=Fizmat,OU=Students,OU=Domain Users,DC=w,DC=fizmat,DC=tnpu,DC=edu,DC=ua | місцезнаходження об'єкта в дереві каталогів Active Directory |
| displayName | Вівчарук Богдан Михайлович | ім'я користувача |
| homeDirectory | \\FDC\Users\Students\Fizmat\2019\IM\b.vivcharuk | шлях до домашньої папки |
| profilePath | \\FDC\Users\Students\Fizmat\2019\IM\b.vivcharuk\Document and Settings | шлях до профілю |
| sAMAccountName | vivcharuk | ім'я облікового запису |
| mail | b.vivcharuk@fizmat.tnpu.edu.ua | електронна пошта користувача |

З точки зору безпеки, сервер LDAP не має виконувати анонімні запити. Тому в каталозі слід створити окремий обліковий запис користувача, від імені якого здійснюватиметься вибірка даних.

Слід зазначити, що всі програмні засоби, згадані вище, є вільно поширюваними, а тому їх використання є легальним. Крім цього, для кожного з них реалізовані додаткові модулі, які дозволяють виконувати автентифікацію користувачів на основі каталогу LDAP. Зазначені модулі слід встановити та сконфігурувати як компоненти «традиційних» і хмарних сервісів. Незважаючи на те, що кожен сервіс має власні особливості конфігурування наведемо спільні параметри, які слід використати у процесі конфігурування:

- адреса та порт сервера LDAP;
- ім'я та пароль облікового запису для доступу до каталогу;
- унікальне ім'я об'єкта (DN);
- атрибут користувача, який слід знайти у каталозі (sAMAccountName);
- електронна пошта користувача (mail).

Налаштовуючи в такий спосіб вебсервіси, слід з'ясувати, чи мають вони використовувати інші (окрім каталогу LDAP) бази облікових записів. Зокрема,

потрібно зазначити, чи існує можливість реєстрації нових користувачів сервісів. На нашу думку, у випадку формування хмаро орієнтованого середовища навчання слід дотримуватись концепції, за якою облікові записи користувачів створює адміністратор у каталозі LDAP.

Перспективним напрямом удосконалення пропонованої системи автентифікації є забезпечення можливості роботи користувачів з єдиними атрибутами доступу до різних освітніх ресурсів за принципом однократного введення паролю (так звана технологія єдиного входу (Single Sign-On – SSO)). Такий підхід є традиційним для університетів у процесі формування їх власних освітніх середовищ, зокрема для забезпечення уніфікованого доступу до цифрових кампусів [236], [169], [23]. Хмарні сервіси також пропонують автентифікацію на основі каталогу LDAP та технології SSO. Про них ітиметься в наступних параграфах цього дослідження.

Впровадження описаних підходів можливе кваліфікованими фахівцями в галузі адміністрування комп'ютерних мереж і систем. У випадку розгортання освітніх середовищ у закладах загальної середньої освіти розв'язання цієї проблеми бачимо у відповідній підготовці вчителів інформатики або залученні сторонніх організацій, наприклад науково-дослідних чи комерційних.

3.2. Адміністрування платформ Google Workspace та Microsoft 365

Серед провайдерів послуг хмарних обчислень, що пропонують хмарні платформи для освіти, лідерами є компанії Google та Microsoft. Пропоновані ними розробки Google Workspace та Microsoft 365 є функціональними взірцями платформ, що реалізують модель SaaS (Software as a Service – програмне забезпечення як сервіс) [54]. Вендори в межах пакетів пропонують інструменти, засновані на участі та взаємодії між користувачами, що полегшує доступність, підключення та спільну роботу. Нині серед їх складників є сервіси, що реалізують функціонал систем управління навчанням, зокрема містять інструменти, призначені для організації освітнього процесу, публікації освітнього контенту, використання засобів оцінювання навчальних досягнень

здобувачів освіти, забезпечення ефективної комунікації між ними.

Важливим для розгортання хмарних платформ у закладах освіти є врахування обставин, пов'язаних з умовами їх використання за карантинних обмежень, надзвичайних і воєнних станів тощо. Наприклад, у період воєнного стану Міністерством освіти і науки України досягнуто домовленості з компанією Google щодо надання до кінця 2022 року безкоштовного та розширеного доступу до інтернет-сервісу Google Workspace for Education's Teaching and Learning для вітчизняних закладів вищої та фахової передвищої освіти. Однак це зумовлює додаткову потребу в розробленні та впровадженні актуальних методик розгортання, адміністрування та використання в освітньому процесі цього пакету, а також розвитку відповідних компетентностей персоналу ІТ-підрозділів закладів освіти та науково-педагогічних працівників [49].

Як відомо, хмарна платформа Google Workspace має редакції для бізнесу та освіти. Вона розробляється та вдосконалюється впродовж більш як 10 років. Нині є кілька тарифних планів (підписок) цього пакету, зокрема:

- Google Workspace for Education Fundamentals – пропонується базовий, безкоштовний набір хмарних сервісів, зокрема засоби для співпраці, планування, комунікації; підписка є безкоштовною;
- Google Workspace for Education Standard – забезпечується розширений функціонал сервісів, зокрема експорт журналів Classroom та Gmail для аналізу засобами BigQuery. Підписка дає змогу підвищити безпеку хмари завдяки центру виявлення і усунення загроз, також через отримання детальних аналітичних даних щодо використання сервісів;
- Teaching and Learning – надаються удосконалені сервіси для відеозв'язку (окремі кімнати для групової роботи, відеозустрічі зі збільшеною кількістю учасників (до 250 осіб), та глядачів (до 10000 осіб);
- Google Workspace for Education Plus – пропонується найбільш удосконалені інструменти для забезпечення освітнього процесу, зокрема синхронізація сервісу Classroom з будь-якою системою управління навчанням, засоби виявлення плагіату, контроль оригінальності робіт,

збільшені кількості учасників відеозустрічей [258].

Академічні підписки на сервіси широко використовують у школах, коледжах, центрах професійної підготовки та в університетах. Дослідники стверджують, що сервіс Google Classroom, який є складником Google Workspace, нині створює реальну конкуренцію визнаним в університетському середовищі системам управління навчанням [306]. Він може бути ефективним засобом організації комбінованого навчання, яке передбачає поєднання традиційних методів очного навчання з широким застосуванням навчальних матеріалів у мережі інтернет [248]. Використання сервісу дає змогу спростити процеси створення, публікування навчальних ресурсів та завдань, а також оцінювання навчальних досягнень [167]. Аналогічно до інших хмарних сервісів, збереження даних учасників освітнього процесу відбувається в інфраструктурі хмарного провайдера із застосуванням інших сервісів, що інтегровані до пакету Google Workspace. Це дає можливість усім учасникам освітнього процесу одержувати доступ до них у будь-який час і з будь-якого пристрою з подальшим збереженням на пристрій користувача, а також виконувати обробку відповідних даних у «хмарі» [11].

Досліджуючи добір хмаро орієнтованих систем управління навчанням для закладу вищої освіти, науковці в [145] доходять висновку, що сервіс Google Classroom дозволяє забезпечити функціональні можливості, важливі для освітнього процесу: цілісність системи моніторингу навчальних досягнень здобувачів, зокрема ведення електронних журналів; інтегроване використання онлайн-сервісів для освітнього процесу; листування, тестування та оцінювання знань онлайн; реалізацію дистанційного навчання зі створенням цифрової бібліотеки книг, посібників, підручників, медіафайлів; хмарного сховища файлів; проведення відеоконференцій, забезпечення дистанційного спілкування суб'єктів освітнього процесу без порушення їхнього особистого простору; дистанційне інформування суб'єктів освітнього процесу тощо.

За допомогою сервісів з пакету Google Workspace викладачі можуть відстежувати діяльність студентів у межах навчальних курсів. Платформа

пропонує розширені аналітичні звіти, які дають можливість викладачам зрозуміти прогрес у навчальних досягненнях здобувачів. На основі цих даних студенти завжди мають оперативний зворотний зв'язок з педагогами. Практикуючі викладачі наголошують на спрощених робочих процесах, які дають їм можливість створювати конструктивні та персоналізовані відгуки, а також технічну підтримку для реалізації нових методик викладання [392].

Особлива роль платформи полягає в підтримці самоосвіти, яка є основою підвищення кваліфікації педагогічних працівників. Проте інколи їм може бракувати незалежності, впевненості, внутрішньої мотивації чи ресурсів [390]. Зрештою не всі з них надають перевагу самостійному навчанню. Чимало дорослих, які займаються самоосвітою, також беруть участь в офіційних освітніх програмах, таких як офлайн курси підвищення кваліфікації. Нині викладачі закладів вищої та післядипломної освіти доповнюють традиційне навчання різноманітними засобами самоосвіти, що реалізують ідеї повсюдності та відкритості знань. При цьому значною є роль хмарних технологій у підготовці майбутніх учителів до здійснення діяльності з розвитку компетентностей самостійної освітньої діяльності. До них належать [374]:

- самооцінка власних навичок і потреб, визначення відповідних навчальних цілей;
- визначення рівня базових знань та навичок для спільної діяльності та реалізації навчальних проєктів;
- опанування стратегіями прийняття рішень та самооцінки власних навчальних досягнень;
- розвиток позитивного ставлення до освітньої діяльності, зокрема переконання важливості здійснення самостійного навчання;
- заохочення та мотивація учнів протягом процесу навчання;
- допомога учням у самооцінюванні їх власних здобутків.

Хмарні сервіси є ефективними при використанні сучасних методик комбінованого навчання, наприклад методики «акваріуму» (fishbowl strategy), яку застосовують для обговорення навчальних проблем [283]. Сервіси Google

Workspace дають можливість технічно реалізувати зазначену методику. Зокрема, Google Classroom пропонує засоби для диференційованого створення завдань, редакція Teaching and Learning Upgrade забезпечує режими спілкування та опитування окремих груп під час відеозустрічі у сервісі Google Meet.

Поряд із беззаперечними перевагами використання хмарних сервісів у навчанні наявні недоліки. У дослідженні [265] проведено SWOT-аналіз моделі трансформації очного навчання в комбіноване, що засноване на використанні сервісу Google Classroom. Автори дослідження виділяють деякі загрози провадженню зазначеної освітньої діяльності:

- повільний або низькошвидкісний доступ до інтернету;
- відсутність доступу до персональних комп'ютерів, виконання навчальних завдань лише з використанням смартфона;
- негативний вплив випадків академічної недобросовісності;
- відсутність складників компетентностей, що розвиваються на основі особистого досвіду, який студенти набувають під час практичних лабораторних робіт.

Визначаючи мету розгортання та адміністрування хмарних сервісів, зауважимо, що вона полягає в організації в закладі освіти цифрових хмаро орієнтованих систем управління навчанням. Серед вимог до них виділяють [28]:

- забезпечення підготовки навчальних ресурсів, зокрема у формі електронних навчальних курсів;
- підтримка організації освітнього процесу;
- забезпечення доступу до навчальних матеріалів;
- комбіноване навчання у середовищі (очне та дистанційне);
- контроль навчальних досягнень здобувачів освіти;
- моніторинг та аналіз статистичних показників освітнього процесу;
- оприлюднення деяких матеріалів, як результатів навчання;
- презентація закладу освіти в інтернеті;
- комунікація між учасниками освітнього процесу.

Зміст діяльності щодо розгортання можна подати у формі процесуального переліку для досягнення визначеної мети, виокремивши два пов'язані процеси, – розгортання та адміністрування. Розглянемо їх окремо.

Для розгортання хмарних сервісів у закладі освіти потрібна співпраця адміністрації, ІТ-фахівців (фахівців з цифрових технологій), педагогів, методистів тощо. Варто виконати такі заходи та дії [337]:

- визначити основні завдання адміністративно-управлінської та освітньої діяльності закладу освіти, які доцільно вирішувати засобами хмарних сервісів;
- проаналізувати та оцінити хмарні сервіси стосовно можливості та доцільності застосування в освітньому процесі;
- здійснити педагогічно виважений добір сервісів, визначити матеріальні, організаційні, людські ресурси, необхідні для їх розгортання;
- спроектувати структуру цифрового освітнього середовища, змоделювати діяльність його учасників;
- зареєструвати обліковий запис закладу освіти та отримати академічну ліцензію для нього;
- здійснити конфігурування хмарних сервісів, зокрема корпоративні облікові записи учасників освітнього процесу, відповідно до поставлених завдань;
- виконати аналіз, узагальнення результатів проєктування, прийняття рішення щодо використання.

Функціонування хмарних сервісів у пакеті Google Workspace вимагає наявності інтернет-домену. Його можна придбати в інтернет- або хостинг-провайдера. Якщо виконується реєстрація Google Workspace для підрозділу закладу освітнього, то дочірні домени другого та нижчих рівнів можна отримати в реєстратора для власного делегування.

На наступному кроці виконують реєстрацію облікового запису закладу освіти для роботи з платформою Google Workspace. Необхідно правильно ввести англійську або українську назву закладу освіти, обрати його тип, вказати

адресу офіційного сайту та актуальний номер телефону для комунікації. На наступному кроці слід зазначити зареєстроване в провайдера доменне ім'я. Бажано, але не обов'язково, щоб адреса сайту належала домену, який використовуються під час реєстрації. Згодом слід увести пароль адміністратора, який буде використовуватися для управління сервісами Google Workspace. Після переадресації до сервісу (консолі) адміністратора потрібно виконати такі дії:

- підтвердити право власності на домен;
- отримати академічну підписку (ліцензію) одного з вищенаведених тарифних планів;
- створити облікові записи користувачів;
- активувати сервіс електронної пошти Gmail.

Підтвердження власності домену виконують через внесення змін до сайту закладу освіти (для випадку, коли він розміщується в тому ж домені, що буде використовуватися для Google Workspace) або створивши текстовий запис за допомогою системи управління доменом (рис. 3.2.1). Зазвичай вона конфігурується через сайт хостинг-провайдера або редагуванням файлів конфігурації DNS-сервера. Останній спосіб стане в пригоді закладам освіти, які не мають власного сайту.

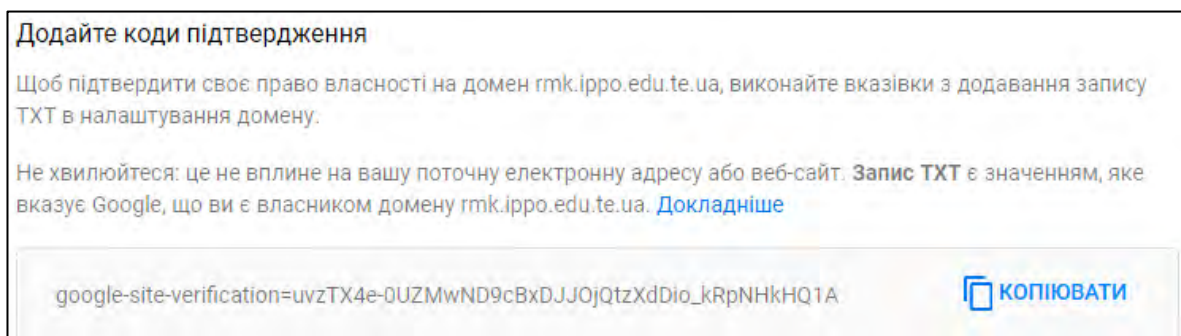


Рис. 3.2.1. Підтвердження власності інтернет-домену

Незважаючи на те, що обліковий запис створено саме для закладу освіти через відповідну сторінку, спочатку активується тарифний план для пробного використання Google Workspace for Education Fundamentals. Крім того, що його використання можливе протягом 30-ти днів, наявні обмеження щодо кількості облікових записів користувачів (не більше 10-ти). Тобто для повноцінного

використання сервісів у закладі освіти слід отримати академічну підписку. Адміністраторам потрібно своєчасно відповідати на листи від компанії Google, що надіслані на електронну адресу, зазначену під час реєстрації. У таких повідомленнях фахівці можуть просити надати додаткові відомості про заклад освіти (скан-копії ліцензій або свідоцтв (дипломів) випускників). Іншим способом підтвердження є відповідь на листи від фахівців компанії Google, що можуть бути надіслані на офіційну електронну адресу закладу освіти (для ЗСО це інформаційна система управління освітою (ІСУО)).

Для закладів вищої освіти, які до підключення до сервісів Google Workspace for Education використовували свій домен для інших хмарних сервісів таких, як, наприклад, Microsoft 365 можуть виникнути труднощі з використанням цього домену для Google Workspace for Education, зокрема, що стосується використання електронної пошти під одним доменом, на який зареєстровано Microsoft 365 та Google Workspace for Education.

У цьому випадку необхідно звернутися до надавача інтернет-послуг із проханням зареєструвати для закладу освіти додатковий домен, який потім і використати як домен для реєстрації облікового запису закладу освіти для Google Workspace for Education. Поряд з цим існують способи вирішення зазначеної проблеми, зокрема синхронізація облікових записів обох платформ з єдиною базою облікових записів, налаштування подвійної маршрутизації електронної пошти, конфігурування облікових записів для автентифікації в іншому поштовому сервісі тощо. Проте поки що повна інтеграція між згаданими платформами неможлива.

Наявність академічної підписки можна перевірити в згаданому розділі «платежі» консолі адміністратора (рис. 3.2.2).



| Підписки | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|-------------------|
| Назва ↑ | Статус | Ліцензії | План оплати |
|  Google Workspace for Education Fundamentals | Активний | Усі користув. | Безкоштовний план |
|  Google Workspace for Education: Teaching and Learning Upgrade Доповнення Google Workspace | Активний | Призначено 3 | Гнучкий план |

Рис. 3.2.2. Активовані підписки Google Workspace

Наступним завданням щодо розгортання хмарних сервісів Google Workspace є створення облікових записів користувачів. Платформа пропонує такі способи створення облікових записів:

- введення даних кожного окремого облікового запису;
- імпорт кількох облікових записів із наперед підготовленої електронної таблиці, зазвичай у форматі csv;
- синхронізація облікових записів користувачів із локальною базою інформаційної інфраструктури.

Створюючи обліковий запис користувача, можна ввести пароль або згенерувати тимчасовий пароль, який користувач змінить при першому вході. Оскільки логіном облікового запису є корпоративна адреса електронної пошти, то потрібно обумовити принципи їх формування. Наприклад, можна використати формат *<перша_літера_імені.прізвище>@<назва_домени>*. Також важливим є обумовлення процедур переведення здобувачів освіти між курсами та їх відрахування із закладу освіти.

Усі облікові записи користувачів та груп Google Workspace можна структурувати, розподіливши їх в окремих підрозділах (організаціях і підорганізаціях). Наприклад, у хмарній інфраструктурі ЗВО можна створити такі організації: адміністрація, викладачі, здобувачі, персонал. У підрозділі здобувачів варто створити підорганізації, які відповідали б факультетам, групам. На рис. 3.2.3 запропоновано структуру організацій Google Workspace на основі років вступу здобувачів.

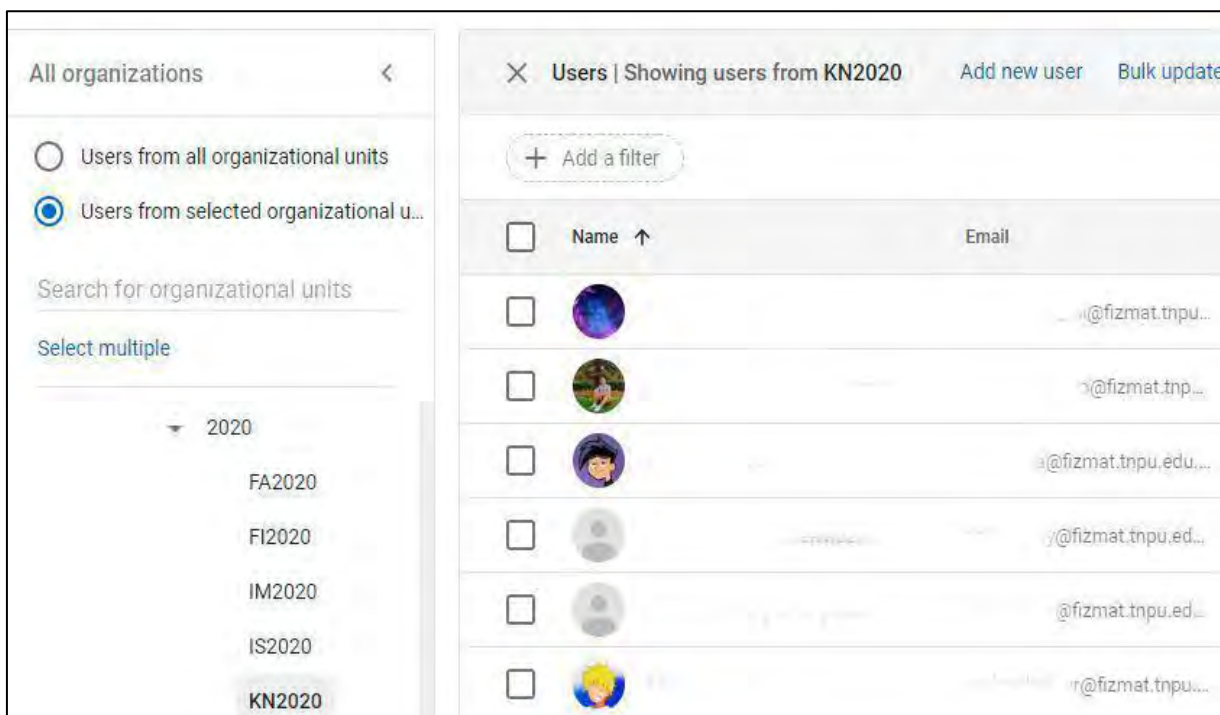


Рис. 3.2.3. Розподіл облікових записів у підрозділах

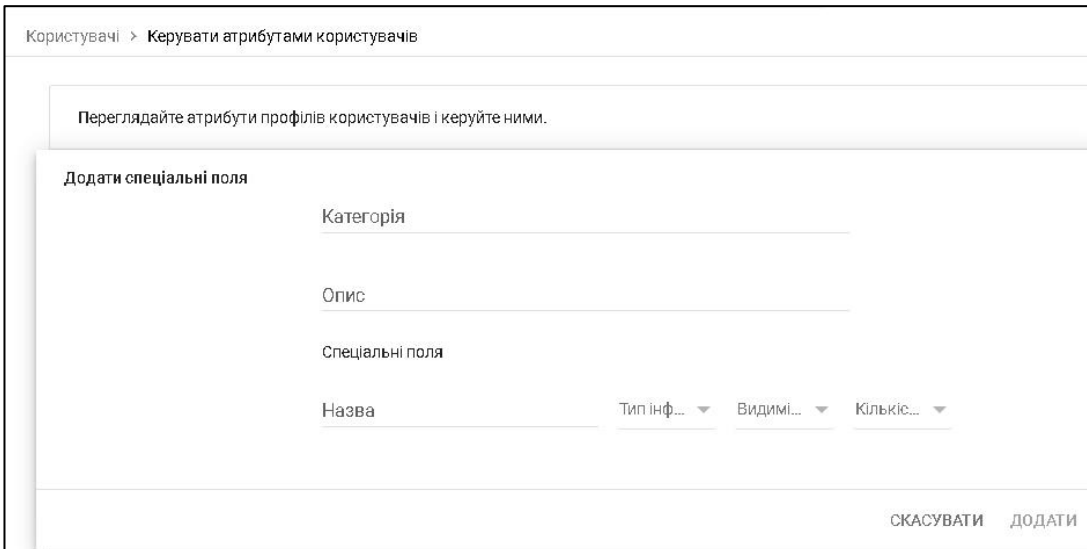
Питання реалізації інфраструктури підрозділів є принциповим. Її проектуванню слід приділити значну увагу, щоб уникнути непорозумінь та зайвої технічної роботи в майбутньому. Доцільно спочатку реєструвати кореневий домен закладу вищої освіти. У ЗВО, що налічує тисячі здобувачів, доцільним вважаємо реєстрацію в системі DNS дочірніх доменів для окремих підрозділів. Кожен з цих доменів можна додати в сервісі Google Admin як додатковий. У подальшому доцільно делегувати адміністративні повноваження відповідальним працівникам цих підрозділів.

Зокрема, на прикладі Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка мали ситуацію, коли запис Google Workspace для факультету було зареєстровано значно раніше, ніж університетський обліковий запис [77]. На факультеті практикується надання облікових записів усім студентам і працівникам. Натомість, зазвичай університет надає доступ лише для працівників. У результаті маємо проблеми синхронізації каталогу контактів, надання доступу до документів та електронних курсів, використання раніше зареєстрованих електронних адрес в наукометричних базах даних і сервісах. Розв'язання проблеми вбачається в міграції дочірнього домену в окремий підрозділ з попередньою зміною політики ЗВО щодо використання

хмарного пакету Google Workspace. На жаль, станом на 2022 рік повнофункціональна міграція доступна лише для платних підписок Education Standard та Education Plus.

На сторінці облікових записів наявна можливість створення додаткових атрибутів відповідно до потреб закладу освіти. Доступними для створення є такі поля (рис. 3.2.4):

- назва та опис категорії, до якої належатиме атрибут;
- назва та тип даних, які міститиме атрибут;
- можливість присвоєння одного або кількох значень;
- видимість даних атрибута (у межах організації чи загальнодоступна).



The screenshot shows the 'Manage user attributes' page in Google Workspace. At the top, it says 'Користувачі > Керувати атрибутами користувачів'. Below that, there is a header 'Переглядайте атрибути профілів користувачів і керуйте ними.' A dialog box titled 'Додати спеціальні поля' is open, containing the following fields: 'Категорія', 'Опис', 'Спеціальні поля', and 'Назва'. To the right of the 'Назва' field are three dropdown menus labeled 'Тип інф...', 'Видимі...', and 'Кількіс...'. At the bottom right of the dialog are two buttons: 'СКАСУВАТИ' and 'ДОДАТИ'.

Рис. 3.2.4. Створення нових атрибутів облікових записів

Потужним засобом роботи з користувачами сервісів Google Workspace є облікові записи груп. Вони дають можливість більш ефективно організувати спільну роботу, спростити чимало операцій, які ще потребують введення значної кількості електронних адрес. Наприклад, лист, надісланий на електронну скриньку групи, буде доставлений усім її учасникам; з папкою чи документом, до яких надано доступ групі, зможуть працювати всі її учасники; доступ до події календаря також отримають усі учасники запрошеної групи.

Слід розуміти відмінність між групами і організаціями. Користувач може входити лише в одну організацію, проте його обліковий запис може належати до кількох груп. Для додавання членів групи можна вводити їхні адреси електронної

пошти через кому, зазначивши всіх користувачів певного підрозділу. Також наявна можливість імпорту електронних адрес із csv-файлу.

Після створення групи можна налаштувати доступ до неї та зазначити, хто може приєднатися до групи. Рівень доступу до групи може бути одним з таких:

- загальнодоступний – передбачає, що кожен користувач з домену має повноваження для приєднання до групи та надсилання повідомлень її учасникам;
- командний – забезпечує права менеджерів (власників) групи щодо запрошення нових учасників; надсилання повідомлень та перегляд учасників дозволено будь-кому з організації;
- «лише повідомлення» – надсилати повідомлення можуть лише менеджери групи, а приєднуватися до неї зможе будь-хто з домену;
- обмежений – передбачає, що лише менеджери можуть запрошувати нових учасників. Ніхто, крім учасників, не може надсилати повідомлення групі.

Наприклад, обмежений доступ можна надати групі «ректорат», «вчена рада» тощо. Командний режим доречно встановити групам, що відповідають академічним групам закладу освіти. У цьому режимі можна дозволити всім користувачам за межами домену надсилати повідомлення в групу. Це може бути корисно у випадку, якщо члени групи мають отримувати листи з-за меж групи (наприклад, є запрошеними до відеозустрічі сервісу Google Meet). Загалом, права доступу до груп оформлено у вигляді таблиці консолі адміністратора (рис. 2.3.5).







| Тип доступу | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Для всіх | | | | | |
| Цей тип доступу визначає налаштування доступу нижче | | | | | |
|  Для всіх Будь-хто у вашій організації може розміщувати публікації в групі та приєднуватися до неї | | | | | |
| Налаштування доступу |  Власники групи |  Менеджери групи |  Члени групи |  Уся організація |  Зовнішній |
| Хто може зв'язуватися з власниками групи | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Хто може переглядати обговорення | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Хто може розміщувати публікації | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Хто може переглядати учасників | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Хто може керувати учасниками Додати, запросити, схвалити | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Рис. 3.2.5. Встановлення прав доступу до групи

Кілька років тому компанія Google реалізувала можливість додавання до груп електронних адрес, що не належать домену закладу. Наприклад, можна додати адреси батьків здобувачів, що мають доменну частину gmail.com. Для цього потрібно в параметрах групи дозволити користувачам за межами організації приєднуватися до зазначеної групи. Адміністратор також може налаштовувати дозволи на основі ролей для групи за допомогою сервісу Google Groups. Користувачі теж можуть виконувати основні дії щодо групи за допомогою цього сервісу.

Якщо кількість учасників освітнього процесу в закладі є значною (кілька сотень або й тисяч), то виконання завдань щодо його адміністрування слід розподілити з-поміж кількох осіб. У цьому випадку варто скористатися технологією делегування повноважень. Вона передбачає визначення окремих користувачів і конкретних дій, які вони зможуть виконувати в межах певних підрозділів або всієї організації. Для делегування цих повноважень у пакеті Google Workspace створено такі системні ролі: суперадміністратори, адміністратори груп, адміністратори керування користувачами, адміністратори довідкової служби, адміністратори додатків (сервісів). Практичний досвід свідчить про те, що слід обмежити кількість суперадміністраторів до двох-трьох

осіб, повноваження адміністраторів груп можна делегувати працівникам, що працюють із здобувачами (диспетчерів кафедр, деканатів, навчальних відділів).

Наступним етапом розгортання Google Workspace є конфігурування хмарного сервісу Gmail. Він є основним і обов'язковим для роботи інших додатків пакету. Налаштування сервісу передбачає створення записів типу MX (Mail Exchanger) у системі управління доменом. Запис потрібен для того, щоб електронні повідомлення маршрутизувалися на поштові сервери компанії Google. Для автентифікації електронної пошти, що надсилається з домену, слід створити інші DNS-записи, зокрема SPF, DKIM, DMARC. Це підвищить швидкість доставлення листів та унеможливить відхилення або ідентифікації листів як спаму. Сервіс Gmail використовує багатоетапну перевірку повідомлень та алгоритми штучного інтелекту для їх визначення як спаму. Проте трапляються випадки, коли потрібні повідомлення ідентифікуються як спам.

Адміністрування поштового сервісу передбачає виконання систематичних та виняткових завдань. До останніх належить створення правил фільтрування спаму для всієї організації або її окремих підрозділів. Серед додаткових (розширених) налаштувань сервісу Gmail вказують перелік IP-адрес поштових серверів, листи з яких не будуть позначатися як спам. Наявна можливість створення списку дозволених відправників шляхом зазначення їхніх електронних адрес або доменних імен. Загалом ефективною технологією фільтрації спаму є створення відповідних правил фільтрації. У такий спосіб можна обмежити доступ до корпоративних скриньок недоброчесним відправникам.

Потужним інструментом конфігурування сервісу Gmail є маршрутизація повідомлень. Виділимо деякі її можливості, які можуть бути корисними в процесі експлуатації сервісу:

- переспрямування на окрему виділену скриньку листів, що надіслані невідомим обліковим записам організації;
- пересилання повідомлень на інші поштові сервери – використання доцільне для синхронізації повідомлень кількох поштових сервісів (Gmail та Outlook з хмарного пакету Microsoft 365);

- створення графіка періодичної доставки повідомлень із підсумками, які міститимуть відомості про нещодавно отриманий спам;
- визначення детальних фільтрів опрацювання повідомлень.

Для прикладу продемонструємо додаткове переспрямування пошти користувача, що пішов у відпустку, на адресу його колеги (рис. 3.2.6).

Рис. 3.2.6. Створення розширеного правила маршрутизації пошти

У хмарному пакеті Google Workspace сервісом для планування діяльності учасників освітнього процесу є сервіс Календар. Управління сервісом з консолі адміністратора передбачає зміну таких налаштувань:

- налаштування спільного доступу до календарів користувачів;
- визначення ресурсів, які доступні користувачам у процесі планування подій;
- загальні та розширені налаштування.

У межах організації адміністратор може дозволити користувачам обирати геолокацію їхнього робочого місця, спільний доступ до всіх календарів, обмежити його лише переглядом статусу зайнятості користувача або взагалі

заборонити. Доступними є такі параметри надання доступу до подій календаря для сторонніх користувачів:

- перегляд відомостей щодо статусу зайнятості користувача у певний момент часу;
- доступ лише для перегляду подій;
- доступ для зміни подій;
- повний доступ до записів та дозвіл на управління календарями.

Корисним параметром є автоматичне додавання до подій відеоконференції з сервісу Google Meet. Наприклад, його доцільно використовувати під час створення розкладу занять для дистанційного навчання.

У випадку очного навчання календар пропонує використовувати ресурси загального користування. Насамперед це стосується приміщень (аудиторій, конференц-залів), але резервувати можна й інші об'єкти, такі як обладнання, спорядження тощо.

Для створення ресурсу потрібно у інтерфейсі адміністратора перейти до відповідного розділу конфігурування сервісу Google Workspace. На сторінці, яка завантажиться слід ввести в такі поля:

- тип ресурсу, наприклад приміщення для навчання, матеріальні засоби, обладнання тощо;
- будівля, де відбуватиметься захід (потрібно створити заздалегідь);
- назва ресурсу;
- функції, доступні користувачам заходу (потрібно створити заздалегідь);
- місткість (опціонально);
- опис, який бачитимуть користувачі, що будуть додавати ресурс до власного календаря.

Зауважимо, що налаштування, пов'язані з фізичним розташуванням учасників освітнього процесу, а також із наданням такої інформації за межами освітнього закладу, є потенційно небезпечними під час воєнного стану та можуть бути використані ворогом. З огляду на це вважаємо за доцільне вимкнення доступу до них за межами організації.

Серед завдань адміністрування сервісів Google Workspace важливими є завдання моніторингу та отримання даних статистики щодо їх використання. Розділ «Звіти про додатки» пропонує до перегляду такі відомості:

- кількість користувачів, які проходять автентифікацію, зокрема через двоетапну перевірку;
- безпекові дані;
- обсяги пам'яті, що використовують користувачі.

Стосовно поштового сервісу Gmail варто зазначити, що в ньому можна переглянути графічне подання кількості надісланих, одержаних та відхилених листів упродовж останніх шести місяців. Аналогічна статистика наявна для інших сервісів. Зокрема, для сервісу Google Диск доступними є відомості про спільні файли з доступом для зовнішніх користувачів та користувачів з організації, кількість доданих файлів та активних користувачів сервісу за обраний період. Статистика щодо цього сервісу є важливою в контексті безкоштовної підписки Google Workspace Education Fundamentals, у якій нині існують обмеження на обсяг даних усієї організації. Хоча цей обсяг є значним (100 Тб), проте використання утиліт синхронізації даних, застосування облікових записів на мобільних пристроях працівників, розроблення скриптів для резервного копіювання даних на ці сховища роблять цілком реальною ситуацію перевищення зазначеного ліміту.

У розділі «Користувацькі звіти» доступна статистика щодо використання хмарних ресурсів кожним користувачем закладу освіти. Наведемо кілька видів цих даних:

- використані обсяги пам'яті (загальний, у сервісах Gmail та Диск);
- кількість створених, надісланих отриманих листів;
- використання поштових протоколів (IMAP, POP);
- кількість створених, редагованих і наданих у спільний доступ файлів, зокрема і Google-документів (таблиць, презентацій, форм тощо);
- час останнього використання сервісу Google-клас, кількість створених курсів у ньому (для викладачів), кількість отриманих оцінок (для

студентів);

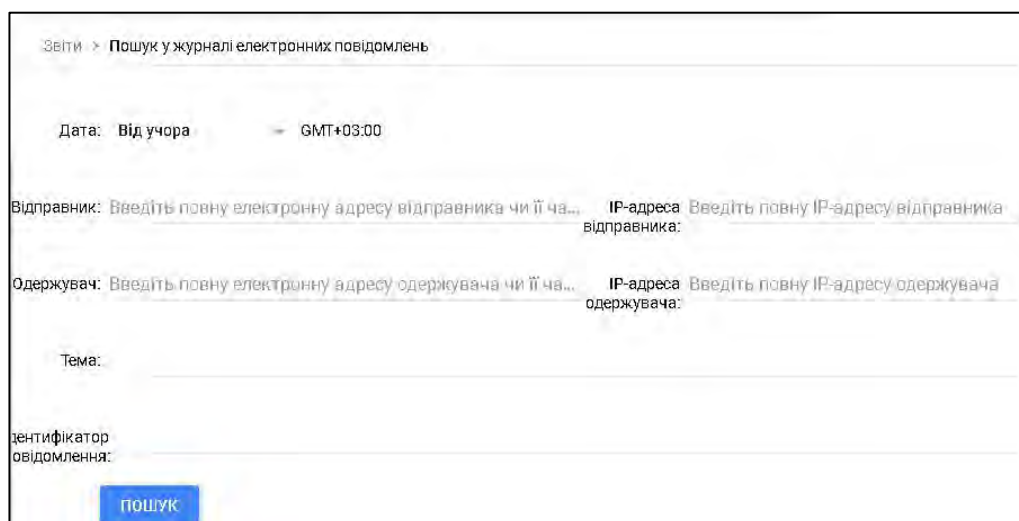
Зазначені дані не є однозначним показником ефективності роботи працівників та освітньої діяльності студентів. Та все ж вони опосередковано свідчать про інтенсивність роботи користувачів із сервісами.

У контексті вимог інформаційної безпеки адміністратору варто аналізувати такі звіти з розділу «Безпека»:

- увімкнення двоетапної перевірки;
- довжина паролів та їх відповідність вимогам безпеки;
- використання зовнішніх додатків, зокрема менш безпечних.

Аналогічно до попереднього розділу, вони формуються та експортуються в табличний формат для кожного окремого користувача. Для зручності та швидкості роботи консоль адміністратора дає можливість обмежити отримання статистики лише з певного підрозділу, а також розширені фільтри даних. Окремі налаштування для отримання статистичних даних користувачами доступні у відповідних розділах сервісів (наприклад, Календар).

Як свідчить наш досвід, одним з найчастіше використовуваних засобів моніторингу сервісів Google Workspace є журнал надсилання й отримання повідомлень. Використовуючи його, адміністратор має змогу знайти та проаналізувати статус кожного надісланого або одержаного листа в межах домену (рис. 3.2.7).



The screenshot shows the 'Звіти > Пошук у журналі електронних повідомлень' (Reports > Search in email message log) interface. It features several search filters: 'Дата: Від учора' (Date: From yesterday) with a time zone of 'GMT+03:00'; 'Відправник:' (Sender:) with a placeholder 'Введіть повну електронну адресу відправника чи її ча...' (Enter the full email address of the sender or its cha...); 'IP-адреса відправника:' (Sender IP address:) with a placeholder 'Введіть повну IP-адресу відправника' (Enter the full IP address of the sender); 'Одержувач:' (Recipient:) with a placeholder 'Введіть повну електронну адресу одержувача чи її ча...' (Enter the full email address of the recipient or its cha...); 'IP-адреса одержувача:' (Recipient IP address:) with a placeholder 'Введіть повну IP-адресу одержувача' (Enter the full IP address of the recipient); 'Тема:' (Subject:); and 'Ідентифікатор повідомлення:' (Message ID:). A blue 'пошук' (search) button is located at the bottom left.

Рис. 3.2.7. Пошук листів у журналі повідомлень

До переваг пакету Google Workspace for Education належить інтеграція сервісів, що дає можливість усім учасникам освітнього процесу використовувати онлайн-ресурси, зокрема файли у сховищі Google Диск, Google-фото, відеоролики із сервісу YouTube тощо. Уніфікований вебінтерфейс, наявність мобільних версій усіх сервісів також дозволяють заощаджувати час викладача на пошук потрібних ресурсів та здійснення зворотного зв'язку зі здобувачами. Модулі для роботи зі статистичними даними допомагають адміністратору оперативно розв'язувати проблеми або попереджати їх виникнення.

Компанія Microsoft є розробником комерційної хмарної платформи Microsoft 365. Наявність та функціонал сервісів залежать від обраного користувачем тарифного плану. Базовими компонентами платформи є:

- поштова система корпоративного класу;
- месенджер Lync (Skype для бізнесу), що надає можливості проведення групових аудіо- та відеоконференцій;
- хмарне сховище OneDrive;
- Online Office — доступний через веббраузер онлайн-офіс;
- портал SharePoint, який містить конструктор для створення власних вебсторінок.

Потужним складником згаданої платформи є Microsoft Teams — сервіс, що надає учасникам освітнього процесу хмарні засоби для забезпечення спільної діяльності. До цих засобів належать чат для нарад, файл обмінник, календар, система відеоконференцзв'язку, що об'єднані спільним інтерфейсом, доступним через веббраузер як окремий додаток для настільних чи мобільних ОС.

Аналогічно до компанії Google Inc. у цьому комерційному проєкті розробник пропонує безкоштовний тарифний план «Microsoft 365 для працівників (учнів та студентів) навчальних закладів A1». У їх межах існує також можливість інтеграції з каталогом Active Directory, що може забезпечити синхронізацію облікових записів користувачів традиційних і хмарних сервісів. Проте й у цьому випадку існує кілька проблем:

- необхідність встановлення засобу синхронізації служби каталогів Microsoft Azure AD Connect на виділений сервер з архітектурою x64;
- для синхронізації необхідний обліковий запис сервісу Windows Azure Active Directory (Microsoft 365).

Загалом використання хмарних сервісів Google Workspace та Microsoft 365 як складових ІТ-інфраструктури ВНЗ має переваги:

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

3.2. Інтеграція хмарних сервісів Google Workspace та Microsoft 365

Як було визначено в концептуальній і сервісній моделях, ХОСН є середовищем, у якому функціонують різноманітні хмарні платформи, а також «традиційні» сервіси, що забезпечують доступ до освітніх та обчислювальних ресурсів. При цьому постають проблеми їх спільного використання та інтеграції в межах середовища. Зазначена проблема є не лише технічною, вона становить частину загального інтеграційного процесу розвитку освіти. В. Ю. Биков виділяє процеси інтеграції навчально-методичного забезпечення (зокрема електронних інформаційних ресурсів), організаційно-функціональної та структурної будови системи освіти, методів, засобів і технологій наукової діяльності, комп'ютерних

мереж навчальних закладів, наукових установ і органів управління освітою, баз освітніх і наукових даних та бібліотечної справи (у тому числі забезпечення захисту й рівного доступу до ресурсів цих баз, інтеграція баз даних у єдиному інформаційному освітньому просторі) [14]. Процес інформатизації, серед іншого, полягає в побудові та впровадженні інформаційної системи не у вигляді окремого об'єкта глобальної мережі, а як складника корпоративного середовища, у якому діє сукупність інформаційних систем, що обмінюються окремими даними або потоками даних [36].

Аналізуючи ресурси та сервіси сучасного інтернету, можна стверджувати, що описані складники реалізовані потужними корпораціями та досить часто надаються безкоштовно для освітніх закладів. Зокрема, компанія Google Inc. у межах проєкту Google Workspace for Education надає власні сервіси для корпоративного використання освітніми закладами. Вони вільно поширюються, інтегровані, україномовні, об'єднані єдиним інтерфейсом і мають слугувати платформою для формування хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх фахівців.

Використання Google Workspace в хмаро орієнтованих середовищах ЗВО має переваги:

- надійності, оскільки надані сервіси традиційно мають високу функціональність і захист даних;
- індивідуального доступу до ресурсів і сервісів;
- можливості формування груп та 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;
- можливість використання з мобільних пристроїв, зокрема якнайкраща

підтримка пристроїв, які працюють під управлінням Google Android.

- інтеграції з іншими програмними засобами освітнього закладу.

Ще одним аспектом сервісів Google Workspace є їх постійне розроблення й удосконалення, що, з одного боку, може створювати деякі незручності в роботі викладачів і студентів, а з другого – формує в них готовність до постійного самовдосконалення.

Розуміючи, що практично кожен сучасний навчальний заклад працює над створенням власного інформаційно-освітнього простору, компанія Google пропонує інший спосіб розгортання служб Google Workspace — їх інтеграцію із інформаційними сервісами освітньої установи. Таку концепцію було реалізовано на фізико-математичному факультеті ТНПУ імені Володимира Гнатюка.

Першочерговим було завдання синхронізації облікових записів користувачів вебсервісів та Google Workspace.

Для виконання цього завдання адміністраторам хмаро орієнтованого середовища варто:

- проаналізувати каталог і визначити, яку його частину буде синхронізовано із сервісами Google Workspace;
- встановити утиліти Google Cloud Directory Sync та Password Sync;
- створити запити до LDAP-каталогу для отримання підрозділів, облікових записів користувачів (груп), контактів тощо.
- виконати тестування та налагодження утиліт.

В останніх версіях пакету фахівці компанії Google реалізували зворотний механізм синхронізації. Тобто зараз є технічна можливість створити (синхронізувати) локальну базу облікових записів на основі розгорнутої інфраструктури Google Workspace.

У ХОСН фізико-математичного факультету ТНПУ імені Володимира Гнатюка впроваджено єдину систему автентифікації користувачів. Базою даних облікових записів користувачів є каталог LDAP. Такий підхід дає можливість побудувати інформаційну інфраструктуру, яка відображає структуру підрозділів факультету (кафедри, курси, академічні групи). Основою інформаційної

інфраструктури факультету є доменна структура, яка забезпечує кожному студенту можливість авторизації у системі будь-якого комп'ютера локальної мережі. Домен локальної мережі побудований засобами служби Microsoft Active Directory, яка реалізує принцип активного каталогу об'єктів та доступу до них засобами протоколу LDAP.

Іншими програмними складовими хмаро орієнтованого середовища є: вебсайт, сервер електронних курсів, Фізмат-вікіпедія, електронна бібліотека ФМ-репозитарій. Усі перелічені сервіси побудовані на основі вільних платформ з відкритим кодом: CMS Joomla!, LMS Moodle, MediaWiki, DSpace. До складу кожної з цих платформ належать модулі, які здійснюють автентифікацію користувачів на основі даних каталогу LDAP.

Вирішуючи завдання синхронізації облікових записів каталогу LDAP, ми скористалися утилітою Google Cloud Directory Sync. Для доступу до каталогу в утилі було зазначено такі параметри:

- адресу та порт LDAP-сервера;
- ім'я та пароль облікового запису користувача, який має повноваження для отримання даних з каталогу;
- унікальне ім'я (DN — Distinguished Name) піддерева об'єктів каталогу, у якому здійснюється пошук даних облікових записів.

Об'єктами синхронізації у нашому випадку є облікові записи користувачів, груп, а також організаційні одиниці домену. Слід зазначити, що доцільно виконувати структурування облікових записів студентів та викладачів в межах одного піддерева каталогу. Це пов'язано з концепцією, що передбачає одноразове надання студенту єдиних даних для авторизації. Тобто свій логін та пароль для доступу до факультетських ресурсів кожен студент зможе використовувати не лише впродовж навчання в університеті, а й у подальшій професійній діяльності. Проте компанія Google Inc. вимагає використання її сервісів тільки для учасників навчального процесу. З огляду на це облікові записи випускників зберігаються в окремих організаційних одиницях, які не синхронізуються із Google Workspace, а обслуговуються лише сервісами

факультету.

Для синхронізації облікових записів користувачів було визначено їх основні атрибути (`sAMAccountName` — логін у домені, `mail` — адреса електронної пошти, `displayName` — ім'я та прізвище), а також правила для пошуку в каталозі. Слід зауважити, що утиліта `Google Cloud Directory Sync` не надає можливості імпортування паролів з каталогу `Active Directory`. Тому для синхронізації паролів у цьому випадку слід використати утиліту `Password Sync`. Проте і тут існують обмеження – синхронізація відбувається лише під час процедури зміни паролю.

Для забезпечення можливості групового використання сервісів у `Google Cloud Directory Sync` було зазначено налаштування для синхронізації облікових записів груп. Зокрема, такі записи було створено для кожної академічної групи, кафедр, а також усіх студентів факультету.

Розглянемо особливості конфігурування деяких сервісів `Google Workspace` як складових проєктованого ХОСН.

Як було зазначено в попередньому параграфі, налаштовуючи систему `Gmail` для обслуговування електронної пошти, слід змінити відповідні `MX`-записи, які стосуються інтернет-домену освітнього закладу — визначити, що обслуговування поштового домену будуть здійснювати сервери компанії `Google Inc`. Проте це не означає, що користувачі за межами синхронізованих підрозділів не зможуть використовувати корпоративну пошту. `Gmail` надає засоби для гнучкої маршрутизації поштових повідомлень, зокрема і для їх групового надсилання. Визначені адміністратором правила маршрутизації можуть містити додаткові критерії та застосовуватись до одного, групи або всіх облікових записів. Зокрема, ми налаштували систему так, щоб забезпечити пересилання листів, адресатів яких не містить сервіс `Gmail`, на поштовий сервер факультету. Оскільки більшість студентів і викладачів мають власні поштові скриньки, то існує проблема небажання користувачів використовувати ще одну електронну адресу. Її розв'язання вбачаємо в технологічному та мотиваційному аспектах. Технологічно можна перенаправити всю електронну кореспонденцію на іншу електронну адресу. Але існує ще одна проблема — такий невмотивований

користувач буде ігнорувати й інші сервіси хмаро орієнтованого середовища. На нашу думку, у студентів, а також у викладачів слід формувати як один зі складників фахових компетентностей розуміння необхідності відповідального ставлення та використання корпоративних електронних ресурсів.

Потужним інструментом організації та планування навчальної діяльності є календар. Він є сервісом, який надає доступ користувачам до кількох об'єктів-календарів. Кожен з них може бути індивідуальним або спільним. Правила доступу до календарів можуть стосуватися як користувачів домену, так і незареєстрованих. Адміністратор може дозволити виконувати такі дії:

- перегляду статусу «вільний / зайнятий» (без деталізації події);
- перегляд подій (назва, опис, дата, час, місце проведення);
- внесення змін у календарі (редагувати події);
- управління календарями.

Гнучкість налаштування календаря також досягається завдяки застосуванню згаданих вище правил до кожної організаційної одиниці. На нашу думку, за замовчуванням доцільно встановити правила для перегляду статусу, а також дозволити можливість їх самостійної зміни для користувачів освітнього закладу. Пропонуємо викладачам створити календарі, які стосуються вивчення дисциплін у певних академічних групах. До цих календарів, використавши групові електронні адреси, варто надати доступ для перегляду подій, які стосуються користувачів відповідних груп. Створюючи нову подію в календарі, викладач окремо може додати користувачів академічної групи. Таке додаткове налаштування надасть можливість студентам погоджувати та коментувати події.

Сервіс Google Calendar надає засоби для імпорту та експорту записів. Таку можливість доцільно використати для синхронізації подій з іншими програмними складовими інформаційно-освітнього простору.

Для збереження файлів, студенти та викладачі можуть використати хмарне сховище Google Диск. Цей сервіс не лише надає простір для зберігання файлів користувачів, а й містить «хмарний офісний пакет». Встановлюючи правила використання сервісу, адміністратор може дозволити або заборонити

користувачам надавати доступ до власних документів як всередині, так і за межами домену. Використання диска можна зробити зручнішим завдяки відомій програмі Google Диск та її надбудові, яку можна додати до пакету Microsoft Office. Надбудова дає можливість користувачам надавати спільний доступ до документів Word, PowerPoint і Excel, синхронізувати й редагувати ці документи безпосередньо з програм пакету Microsoft Office. На основі власного досвіду зауважимо необхідність видалення доступу до документів за замовчуванням. Проте варто дозволити користувачам надавати доступ для власних документів як усередині, так і за межами домену освітнього закладу.

Одним з найпопулярніших сервісів компанії Google Inc. є відеохостинг YouTube. Його можливості щодо «хмарної» обробки відеоконтенту є доволі значними та постійно розширюються. Кожен користувач пакету Google Workspace для освіти має можливість для створення власного відеоканалу. Розгортаючи ХОСН, доцільно створити спільний канал для всіх його користувачів. Нами було виконано це завдання, проте розвиток і «просування» каналу в інтернеті виконано на доволі початковому рівні. Перспективи використання відеохостингу YouTube, а також сервісу Вебсайти вбачаємо в можливості створення персональних або групових вебпортфоліо. Протягом усього терміну навчання студента вони репрезентуватимуть його навчальні досягнення.

Важливим аспектом інтеграції хмарних сервісів Google Workspace у інформаційно-освітній простір є відповідна підготовка викладачів і студентів закладу освіти. Стосовно студентів доцільним вважаємо опосередковане впровадження сервісів упродовж усього терміну навчання. Також перспективним вбачаємо формування основних фахових компетентностей, які пов'язані із застосуванням хмарних технологій, у межах комп'ютерних практик. Такий підхід дає змогу поєднати інформаційно-пошукову діяльність, пов'язану з розв'язанням практично значущих задач, із поданням результатів засобами сервісів ХОСН.

Як показує досвід, у структурі інформаційно-освітніх середовищ ЗВО чільне місце посідають системи управління навчанням (LMS – Learning Management System) [60]. Загалом вони забезпечують: авторизацію учасників навчального процесу, надання їм доступу до навчальних матеріалів, контроль та оцінювання результатів діяльності. Однією з найпопулярніших систем управління навчанням є LMS MOODLE. У вітчизняній педагогічній науці напрацьовано чималий досвід розв’язання таких завдань. Зокрема, в Інституті цифровізації освіти НАПН України проводили дослідження стосовно інтеграції LMS MOODLE з хмарними сервісами Microsoft 365 [63].

На основі технічної документації досліджень можна стверджувати, що інтеграція LMS MOODLE із хмарними сервісами Microsoft 365 та Google Workspace можлива шляхом [329], [314]:

- конфігурування єдиної автентифікації користувачів системи та хмарних сервісів;
- забезпечення можливості використання ресурсів хмарних сервісів у межах навчальних курсів.

Розробниками LMS MOODLE створено модулі для інтегрованої автентифікації на основі хмарних сервісів Google Workspace та Microsoft 365 з використанням протоколів OAuth 2.0 та OpenID.

Нами було встановлено, налаштовано та апробовано такі модулі автентифікації LMS MOODLE:

- модуль OpenID Connect, що здійснює автентифікацію із сервісу Microsoft 365;
- модуль OAuth2, який забезпечує автентифікацію із сервісу Google+ на основі однойменного протоколу.

Використання зазначених модулів має специфічні та інваріантні особливості. В обох випадках слід встановити відповідний модуль і створити API-проекти. Крім того, суттєвими аспектами інтеграції є такі:

- визначення категорій користувачів, які отримуватимуть доступ до традиційних і хмарних сервісів ХОСН;

- проектування інформаційної структури яка відповідала б організаційним підрозділам ХОСН (факультети, кафедри, академічні групи тощо);
- реалізація спроектованої структури традиційними (реляційні СУБД, каталог LDAP) або хмарними засобами (підсистеми управління обліковими записами користувачів пакетів Google Workspace або Microsoft 365) з їх подальшою синхронізацією (у міру необхідності);
- проведення роз'яснювальної роботи з користувачами сервісів.

У випадку інтеграції хмарного сервісу Microsoft 365 з системою MOODLE слід встановити модуль OpenID Connect. Також адміністратору організації потрібно створити API-проект на сервісі <https://manage.windowsazure.com>, у якому зазначити й отримати (рис. 3.3.1):

- тип проекту – вебдодаток, який виконує автентифікацію на основі Windows Azure Active Directory;
- URL-адреси сайту MOODLE, а також URL переадресації користувача після автентифікації (SIGN-ON URL);
- ідентифікатор і ключ клієнта проекту;
- права доступу додатку, який звертається до API-проекту (мінімально необхідними є права на читання та автентифікацію користувачів Windows Azure Active Directory).

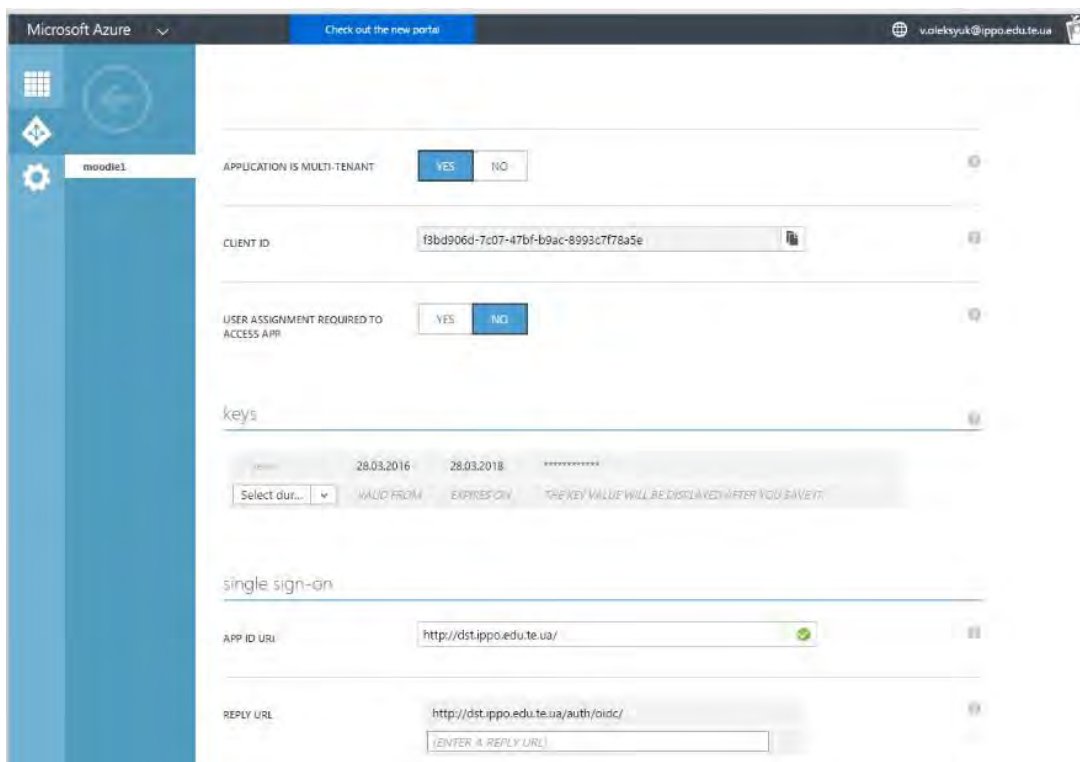


Рис. 3.3.1. Створення API-проєкту Windows Azure Active Directory

Конфігурування модуля OpenID Connect LMS MOODLE передбачає не лише внесення зазначених даних, а й визначення способу автентифікації – передавання логіна та пароля на хмарний сервіс чи запит на авторизацію.

Реалізація автентифікації користувачів системи MOODLE на основі платформи Google Workspace за протоком OAuth 2.0 можлива завдяки виконанню таких організаційних і технологічних задач:

- створення API-проєкту на сервісі console.developers.google.com. На цьому етапі слід зазначити URL сайту, з якого буде виконуватися авторизація та URL сторінки, на яку буде повернено результат автентифікації. У відповідь сервіс згенерує ідентифікатор користувача та секретний код доступу до API-проєкту;
- встановлення та конфігурування модуля автентифікації в системі MOODLE. На цьому етапі слід зазначити дані, отримані в процесі створення API-проєкту (ідентифікатор користувача та секретний код).

Після конфігурування згаданих модулів сторінка входу користувача крім стандартної форми міститиме кнопки-посилання відповідних модулів (рис. 3.3.2).

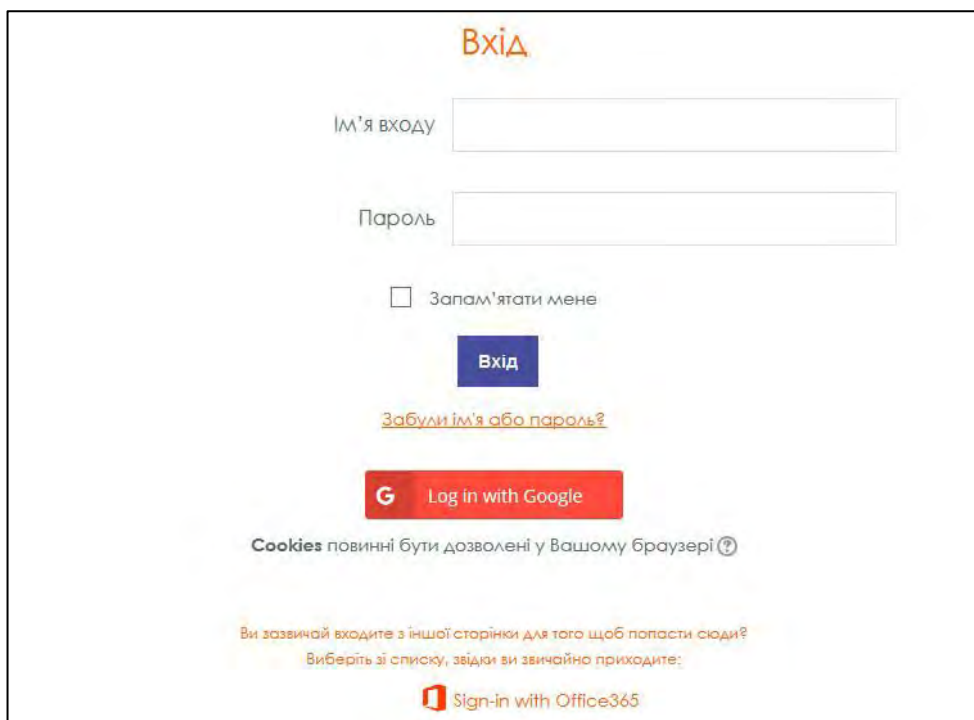


Рис. 3.3.2. Сторінка інтегрованої автентифікації LMS MOODLE

Варто зауважити, що в параметрах облікового запису користувача є поле, яке визначає спосіб його автентифікації. Наприклад, автентифікація може здійснюватися на основі бази даних LMS MOODLE, LDAP-каталогу, протоколів OpenID, OAUTH 2.0 тощо. Причому користувач буде автентифікованим лише у випадку застосування того способу, який зазначено в параметрах облікового запису.

Як було зазначено в безпековому складнику сервісної моделі ХОСН, унаслідок порушення вимог автентифікації виникають ситуації несанкціонованого доступу. Стосовно інтегрованої автентифікації в LMS MOODLE такою ситуацією є доступ сторонніх користувачів, зареєстрованих у будь-якому сервісі платформи Google Workspace. Це пов'язано з тим, що модуль автентифікації за протоколом OAuth 2.0 не містить параметрів, які обмежили б доступ до системи користувачам певного домену, до якого належать електронні адреси ЗВО або факультету. Тобто система MOODLE виконуватиме авторизацію всіх користувачів, які мають обліковий запис Google, і, як наслідок, створюватиме відповідний обліковий запис у внутрішній базі даних системи MOODLE. Для усунення цієї загрози варто:

- імпортувати облікові записи користувачів із зовнішнього файла або дочекатися їх створення внаслідок автентифікації із зовнішньої бази;
- у базі даних LMS MOODLE змінити спосіб реєстрації облікових записів – використовувати протокол OAuth 2.0;
- заборонити створення нових облікових записів у системі MOODLE.

Якщо ж існує потреба відкритого доступу до деяких курсів, то слід надати до них анонімний (гостьовий) доступ, який не вимагає автентифікації. У випадку використання в ХОСН кількох баз даних для автентифікації користувачів системи MOODLE, слід виконати конфігурування окремого сервісу, наприклад провайдер автентифікації OpenAm.

Для інтегнації системи MOODLE з сервісами Google Workspace на рівні контенту її розробниками розробляються окремі модулі. Одним з них є GDrive, що дає можливість студентам і викладачам завантажувати до електронних курсів файли безпосередньо з сервісу Google Диск (рис. 3.3.3). Варто зауважити, що у випадку автентифікації користувача за протоколом OAuth, доступ до сервісу Google Диск буде надано автоматично. Також специфікою функціонування модуля GDrive є необхідність завантаження файлів зі сховища Google Диск в базу даних LMS MOODLE, на що може мати вплив обмеження конфігурації вебсервера. Тобто в користувачів системи управління навчанням можуть виникати проблеми значного обсягу.

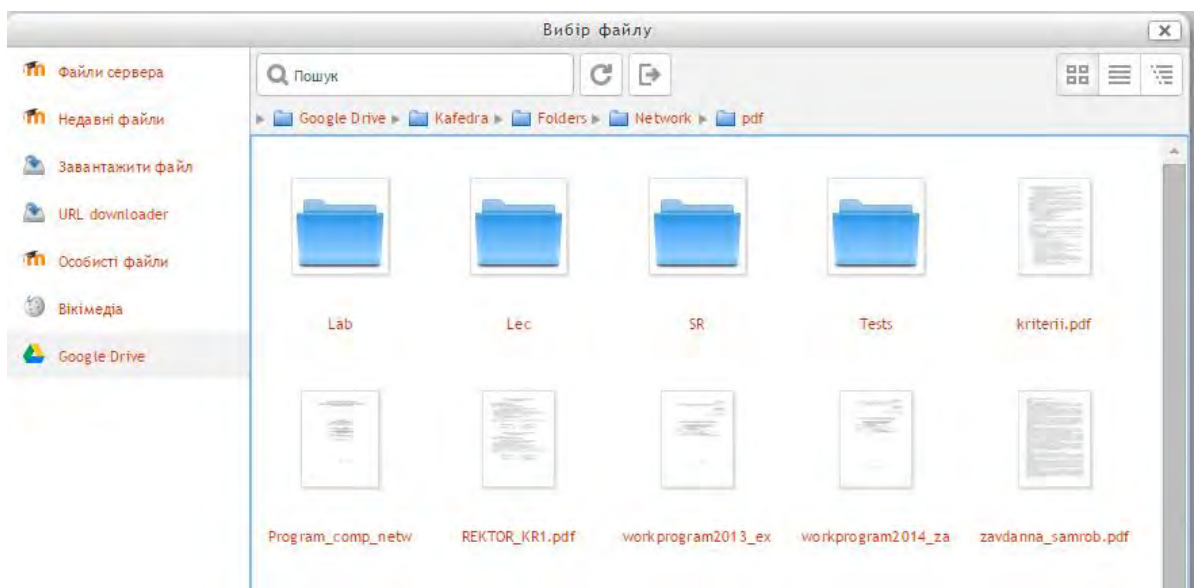


Рис. 3.3.3. Додавання файла з сховища Google Диск

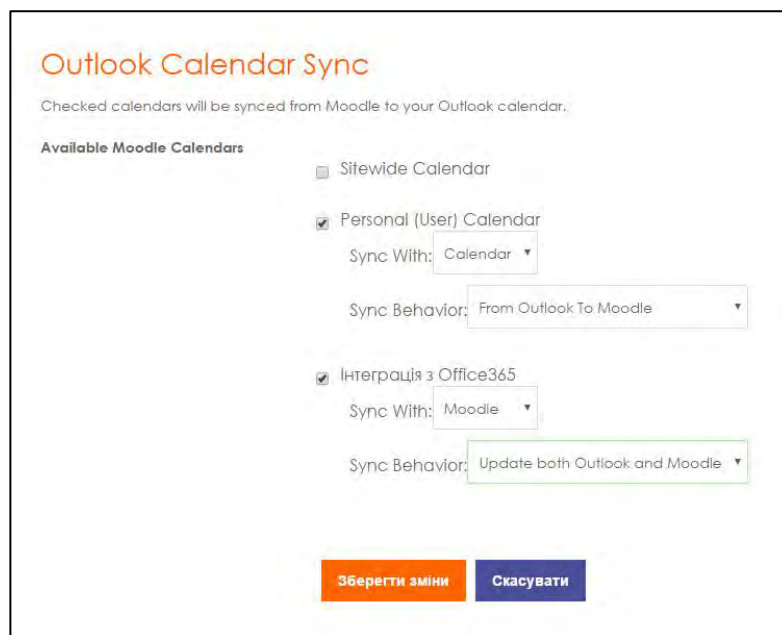
Також доцільним вбачаємо додавання на сторінках системи MOODLE блоку для роботи із сервісом електронної пошти Gmail. Відповідний модуль забезпечує відображення в блоці кількості та назв непрочитаних листів, а також можливість безпарольного переходу до сервісу Gmail (рис. 3.3.4).



Рис. 3.3.4. Модуль LMS MOODLE для роботи з сервісом Gmail

Аналогічно для роботи зі сховищами сервісу Microsoft 365 було використано модуль OneDrive for Business.

Важливим компонентом електронних курсів є календар, який дає змогу планувати події, а отже, і діяльність учасників освітнього процесу. Встановивши та налаштувавши модуль Microsoft 365 Integration, отримано можливість додавати блок для роботи із сервісами платформи Microsoft 365. Викладач курсу вказує, які календарі й у якому напрямі слід синхронізувати (календарі MOODLE до сервісу Outlook, календарі Outlook до LMS MOODLE або в обох напрямках) (рис. 3.3.4).



**Рис. 3.3.4. Параметри синхронізації календарів
Microsoft 365 та LMS MOODLE**

На сьогодні поки не реалізовано модуля для повноцінної двосторонньої синхронізації календаря системи MOODLE із сервісом Google-Calendar. Проте існує можливість експорту календаря певного курсу LMS з отриманням посилання на нього, з подальшим додавання його в сервісі Google-календар. Якщо існує потреба додавання календаря Google до електронного курсу, то можна використати блок з HTML-кодом. До нього слід вставити код об'єкта `iframe`, що генерує сервіс Календар при наданні доступу до відповідного об'єкта. Обидва способи передбачають анонімний доступ до календарів, що може бути небажаним для учасників освітнього процесу.

3.4. Платформи Apache Cloudstack та Proxmox VE як складники хмаро орієнтованого середовища навчання

На сьогодні хмарні обчислення є важливою альтернативою класичній локальній моделі організації освітнього середовища університету. Завдяки їм студенти, викладачі та адміністративний персонал мають можливість отримувати доступ до різних платформ додатків та ресурсів через вебсторінки. Це зменшує організаційні витрати та пропонує більш потужну функціональність ІТ-інфраструктури ЗВО. Зокрема, таке зниження вартості стосується ліцензій на

програмне забезпечення, апаратне забезпечення, електроенергію, розміщення та обслуговування. Як наслідок, ІТ-фахівці звільняються від підтримки певних сервісів і репозиторіїв в університеті. Використання резервування хмарної інфраструктури усуває ризики аварійного відновлення та пов'язані з цим високі витрати. Хмарні служби часто пропонують нові інструменти та програми для підвищення продуктивності та доступності цифрових середовищ. Усе це забезпечує гнучкість у прийнятті рішень керівництву кожного ЗВО. За умов створення хмаро орієнтованого освітнього середовища навчання 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 [157].

Багато університетів нині використовують технології віртуалізації та хмарні обчислення для створення освітнього середовища, цифрових кампусів, корпоративних хмар. Останні є важливим програмними та освітніми компонентами моделі ХОСН. Їх застосування в процесі навчання комп'ютерних наук дає можливість віртуалізувати об'єкт вивчення, зробити його однаково доступним для всіх студентів, забезпечити підтримку та контроль з боку викладача.

Університети США визнали потенціал корпоративних хмар для підвищення ефективності, вартості та зручності для освітнього сектору. Наприклад, розгорнута корпоративна хмара в університеті Вашингтона дозволила студентам-інформатикам експериментувати з великомасштабними розподіленими обчисленнями [376]. Такий підхід може бути використано аналітиками з кібербезпеки для проведення реалістичних і економічно ефективних оцінок ризиків, що є надійними та повторюваними.

Для розгортання корпоративної хмари слід звернутися до сервісної, безпекової та моделі адміністрування. Це необхідно для аналізу наявної ІТ-інфраструктури ЗВО та розуміння завдань, що слід виконати на всіх етапах розгортання. Чимало вчених у галузі комп'ютерно-орієнтованих систем

навчання вважають, що універсальною моделлю розгортання академічних хмар є комбінована (гібридна). Ми вважаємо, що розгорнута відповідно до авторських моделей корпоративна хмара забезпечить можливості для агрегування обчислювальних ресурсів, підвищення еластичності їх використання, а з другого боку – дозволить розмежувати їх залежно від навчального чи виробничого призначення.

Відповідно до методичної моделі корпоративна хмара є засобом пізнання інформаційних систем та об'єктом вивчення науковців, викладачів, студентів. В освітньому процесі підготовки майбутніх учителів інформатики корпоративна 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 хмарних ресурсів через локальну мережу ЗВО та інтернет;
- персоналізований доступ до обчислювальних ресурсів, бажано з використанням єдиних даних автентифікації.

Відповідно в основу проєктованої моделі хмарної інфраструктури слід покласти 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 з моделлю «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.

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

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

- Cloudstack;
- Eucalyptus;
- Proxmox VE;
- 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 з моделлю «інфраструктура як сервіс» (IaaS). Основними складниками хмарної інфраструктури Cloudstack є [423]:

- 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 – це 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 [233]:

- 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 проєктів вільного програмного забезпечення для створення обчислювальних хмар. Основними програмними складниками OpenStack є [351]:

- OpenStack Compute (Nova) — інструментарій, що дозволяє автоматично створювати групи віртуальних серверів і управляти їх роботою;
- 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 наявними системами автентифікації;
- OpenStack Dashboard (Horizon) — вебінтерфейс для управління системою;
- Networking (Quantum) — структура, призначена для створення, конфігурування і супроводу мереж.

Proxmox VE (Virtual Environment — віртуальне середовище Proxmox) нині є потужним рішенням для забезпечення управління віртуалізацією сервера з відкритим кодом на основі бібліотеки віртуалізації QEMU, гіпервізора KVM та

підсистеми контейнеризації LXC. Адміністратор хмари може керувати віртуальними машинами, контейнерами, високодоступними кластерами, сховищами та мережами за допомогою вбудованого, простого у використанні вебінтерфейсу або через інтерфейс командного рядка (CLI) [358].

Загалом програмні складники розглянутих платформ практично однакові. Як видно з таблиці 3.4.1, їхні функціональні можливості також є схожими.

Таблиця 3.4.1. Функціональні можливості платформ для розгортання корпоративних хмар

| Платформи | Cloudstack | Eucalyptus | OpenStack | Proxmox VE |
|----------------------------------|------------|------------|-----------|------------|
| Можливості | ck | s | | |
| Консоль управління VM | + | + | – | |
| Вебінтерфейс до консолі VM | + | – | – | + |
| Робота з основними гіпервізорами | KVM, XEN | KVM, XEN | KVM, XEN | KVM |
| Підтримка технологій VLAN | + | + | + | + |
| Розширення через API-функції | + | + | + | + |
| Створення «миттєвих знімків» ОС | + | + | + | + |
| Системні події у вебінтерфейсі | + | – | – | + |
| Інтеграція з Active Directory | + | + | + | + |
| Безкоштовний характер поширення | + | + | + | + |

Використовуючи вільнопоширювані програмні платформи, ми прагнули, 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 при цьому принципово важливі для користувачів переваги корпоративних хмар, наприклад такі як підвищена безпека даних і керованість [16].

На основі досліджень [321], [322], [372], [34] та власного порівняльного аналізу програмними основами корпоративної хмари було обрано відкриті, вільно

поширювані платформи Apache Cloudstack та Proxmox VE. Вибір програмного забезпечення здійснювався за такими критеріями:

- відкритість і безкоштовність платформи;
- можливість розгортання хмари відповідно до моделі «інфраструктура як сервіс»;
- підтримка значної кількості гіпервізорів;
- можливість функціонування на базі вільних операційних систем;
- забезпечення автентифікації користувачів із зовнішніх баз даних;
- агрегування обчислювальних ресурсів кількох апаратних гіпервізорів;
- можливість створення шаблонів та відбитків дисків віртуальних комп'ютерів;
- міграцію VM між сховищами;
- підтримка загальноприйнятих мережних сервісів та протоколів (VLAN, DHCP, VPN);
- запуск VM всередині інших VM;
- розподіл облікових записів студентів відповідно їх академічних груп;

Відповідно до концептуальної та сервісної моделей, з метою заощадження матеріальних витрат у дослідних зразках корпоративної хмари не використовувалося дорогі серверне обладнання й потужні та швидкодіючі мережеві сховища. Отже, для забезпечення функціонування корпоративної хмари нами задіяно 4 комп'ютери на основі процесорів Intel Core i5 із загальним обсягом оперативної пам'яті 76 Gb.

Виділимо чиники практичного характеру, які ми вважаємо суттєвими в процесі проектування хмарної інфраструктури на основі платформи Apache Cloudstack.

Насамперед слід відділити віртуальні комп'ютери, що є об'єктами вивчення студентів, від тих, які виконують виробничі задачі (вебсервери, 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. 3.4.1). Враховуючи, що

основним завданням проєктованої корпоративної хмари є забезпечення навчання студентів, ми створили лише одну зону.



Рис. 4.3.1. Компоненти розгорнутої хмарної інфраструктури на основі Apache Cloudstack

З метою заощадження обчислювальних ресурсів ми поєднали в кожному фізичному комп'ютері функції гіпервізора та первинного сховища. Такий підхід відповідає сервісній моделі та є виправданим і з точки зору зменшення мережного трафіку завдяки уникненню ситуації, коли віртуальну машину виконує один гіпервізор, а її віртуальний диск розміщено на іншому комп'ютері. Щоб уникнути такої ситуації, платформа Apache Cloudstack дає змогу кожному користувачеві створити так звані групи спорідненості (Affinity Groups), у яких вказуються мітки гіпервізорів. Зазначені мітки можна обрати в 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 організовувати складені мережні структури на основі загальноприйнятих технологій VLAN, VPN та інших. Перед нами було поставлено завдання спроектувати хмарну інфраструктуру, у якій можна створювати довільну кількість підмереж, кожна 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 в 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 в 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 всі види трафіку (управляючий, гостьовий, публічний, трафік сховищ), а в іншій – лише гостьовий (рис. 3.4.2).

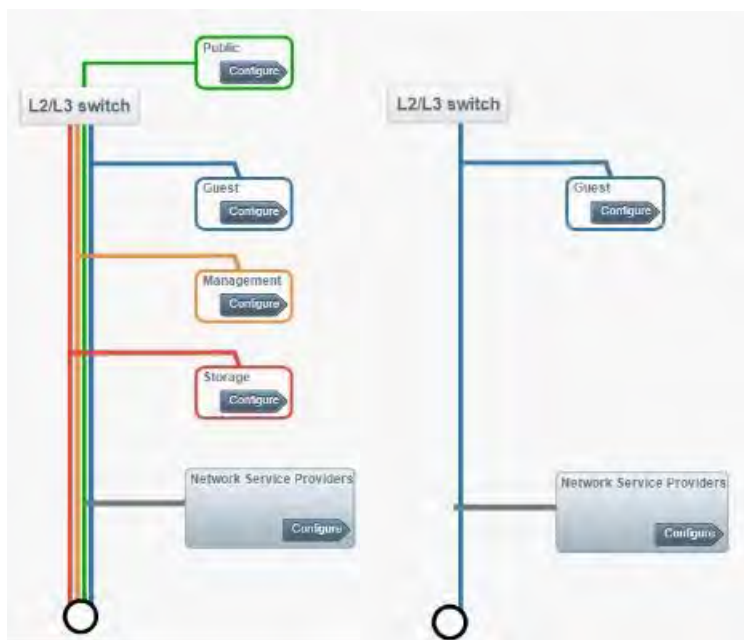


Рис. 3.4.2. Види трафіку, який передається у фізичних мережах

Крім того, у кожній мережі гостьовий трафік розподіляється на кілька підмереж (по одній мережі для кожної академічної групи). Для маркування трафіку в цих мережах використовують технологію віртуальних локальних мереж (VLAN). З огляду на це, з урахуванням вимог дублювання функцій ХОСН (див. сервісна модель), було сконфігуровано маршрутизатори з підтримкою технології VLAN. Один з них є комп'ютером і працює під управлінням ОС FreeBSD, інший – апаратний маршрутизатор на основі RouterOS. Отже, у кожному з віртуальних машин можна додавати мережні адаптери, які працюватимуть у

різних підмережах. Загалом схема розгорнутої хмарної інфраструктури має такий вигляд (рис. 3.4.3):

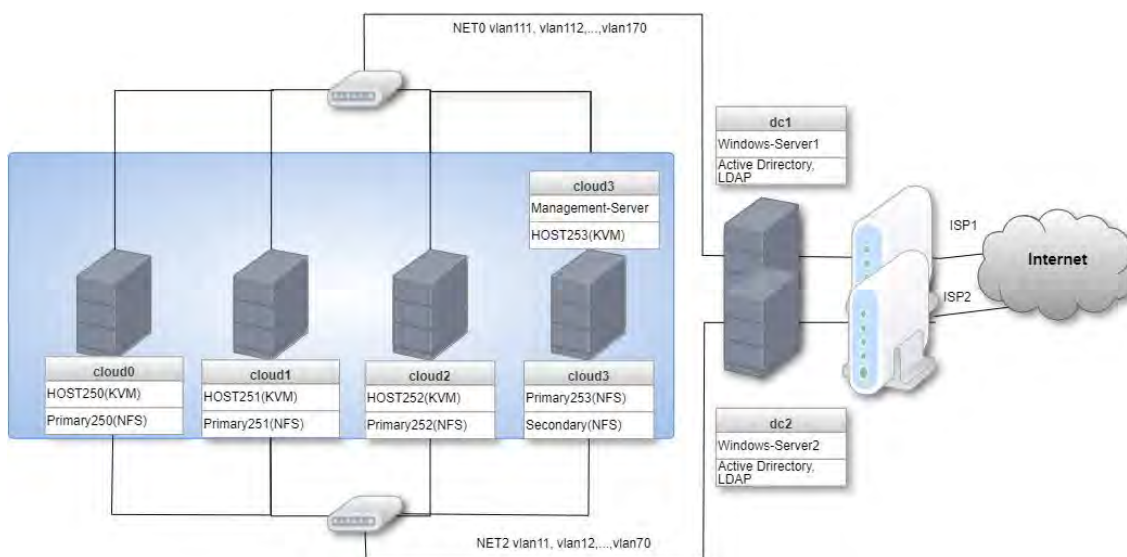


Рис. 3.4.3. Схема розгорнутої хмарної інфраструктури

Для встановлення відповідності між фізичними адаптерами і трафіком у системі Cloudstack передбачено їх маркування. Завдяки цьому 8 фізичних адаптерів, встановлених на хостах cloud1, cloud2, cloud3, cloud4, сервером управління агрегуються та відображаються як два логічних інтерфейси. Трафік цих адаптерів передається через комутатори sw1 та sw2 до маршрутизаторів. Оскільки основним завданням було розгортання окремих гостей підмереж, то відповідний трафік також маркується окремими тегами. Для кожного з зазначених тегів створено шаблони мережного обслуговування (network offering), що дають можливість зазначити сервіси, які будуть функціонувати у відповідній мережі. Такими сервісами є: сервер динамічного призначення IP-адрес (DHCP), перетворювач мережних адрес та портів (NAT), брандмауер, балансувач трафіку та інші. Їх функціонування в 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 зарезервовано для гостьових мереж і закріплено за кожним екземпляром віртуальної машини.

Автентифікація користувачів розгорнутої корпоративної хмари здійснюється на основі LDAP-каталогу в реалізації Microsoft Active Directory, що функціонує на двох контролерах домену dc1 та dc2. Такий підхід дає можливість резервувати їх функціонал та використовувати єдині реєстраційні дані для доступу до традиційних і хмарних сервісів IT-інфраструктури. З метою розподілу користувачів відповідно до академічних груп у системі Cloudstack використовуються так звані домени. Додавання до них користувачів можливе в автоматичному (за першої вдалої автентифікації) та ручному режимі. Нами обрано останній випадок. Для зменшення обсягів пошуку записів LDAP-каталогу створено запити, що дають можливість фільтрувати відповідні дані.

Взявши до уваги безпекову модель ХОСН, ми відмовилися від публікування сервісу корпоративної хмари в 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 зі службою Active Directory.

Використання домену користувачів дає можливість призначити в 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. Додавання облікових записів користувачів до них можливе в автоматичному (за посиланнями при першій успішній автентифікації) і ручному режимі. На жаль, через несумісність логінів користувачів із LDAP-каталогу з вимогами платформи Apache Cloudstack нам довелося вибрати ручний режим. Для зменшення технічної роботи, пов'язаної з пошуком записів у каталозі, було створено кілька запитів для фільтрації даних.

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

Проблемою розгорнутої 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).

Способом вирішення проблеми є міграція визначеного екземпляра на інший гіпервізор (хост). У системі Apache Cloudstack реалізовано відповідний функціонал – існує можливість перенесення як дисків віртуальних машин (рис. 3.4.4), так і, власне, їх виконання на іншому гіпервізорі (рис. 3.4.5).

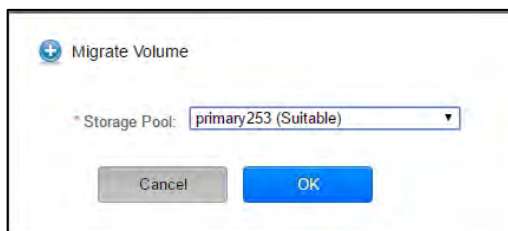


Рис. 3.4.4. Перенесення диска VM на інше первинне сховище

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



Рис. 3.4.5. Міграція екземпляра VM 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 змінюються частота й 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 і

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 того, адміністраторам академічної хмари доцільно проаналізувати статистику виділення ресурсів і 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 проблему одночасного розгортання значної кількості віртуальних комп'ютерів. Її розв'язання вбачаємо в 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 розв'язуються шляхом безпосереднього редагування бази даних.

Багаторічний досвід свідчить як про переваги платформи Apache Cloudstack, так і про деякі її недоліки. Зокрема, у процесі експлуатації корпоративної хмари як складника ХОСН було виявлено деякі труднощі, що стосувалися розв'язання технічних проблем, таких як:

- недосконалий розподіл обчислювальних ресурсів;
- ручний спосіб додавання облікових записів користувачів;
- примусове вимкнення, видалення або передавання віртуальних комп'ютерів іншому користувачеві, розблокування облікових записів;
- резервне копіювання хмарної інфраструктури (бази даних, VM), що вимагає розроблення додаткових засобів;

- відсутність безкоштовної мобільної версії платформи.

Для усунення зазначених недоліків доводилося використовувати API та безпосередньо редагувати базу даних Apache Cloudstack, щоб розв'язати ці проблеми. З огляду на це було прийнято рішення інтегрувати до ХОСН нову корпоративну хмарну платформу. Було використано іншу хмарну платформу – Proxmox VE. При її виборі враховувалися такі критерії:

- відкритість і безкоштовність платформи;
- відповідність моделі «інфраструктура як сервіс»;
- технічна простота розгортання та обслуговування хмари;
- забезпечення автентифікації користувачів із зовнішніх баз даних;
- наявність вбудованих засобів для створення шаблонів і резервних копій віртуальних дисків віртуальних машин (VM);
- масштабованість платформи за рахунок додавання нових вузлів і сховищ.

Для забезпечення функціонування академічної хмари було використано один фізичний сервер на базі процесора Intel Xeon з 32 Гб оперативної пам'яті. Нами було обрано модель, у якій платформу Proxmox VE як складник ХОСН фізично розміщено окремо від IT-інфраструктури університету. Як наслідок, платформи Apache Cloudstack та Proxmox VE обмінюються даними через інтернет. Зазначену модель комутації було обрано внаслідок початку повномасштабного вторгнення в Україну російських окупантів. Вона дозволяє інтегрувати в IT-інфраструктуру університету корпоративну хмару, що розміщується на обчислювальних потужностях зовнішнього провайдера.

Наведемо деякі технічні завдання, які нам довелося вирішувати в процесі використання платформи Proxmox VE в освітньому процесі. Відповідно до концептуальної та сервісної моделі ХОСН розподіл доступу студентів до обчислювальних ресурсів академічної хмари є одним з основних таких завдань. У платформі Apache Cloudstack така функція є вбудованою. Тобто кожен користувач автоматично отримує доступ до власних віртуальних машин. Щоб розв'язати цю проблему в хмарі на основі Proxmox VE, потрібно розділити користувачів на групи. Платформа надає вбудовані групи з різними обліковими

даними [358]. Нами було апробовано дві технології надання доступу до нових віртуальних машин і контейнерів. Перша передбачає попереднє створення адміністратором копій віртуальних машин і надання студентам доступу до них. Дозволи можуть відрізнятися залежно від завдань тієї чи іншої навчальної дисципліни, але доцільно надати повний доступ студентам до їхніх віртуальних машин.

Інша технологія передбачає, що студенти самостійно клонують машини із шаблонів, аналогічно до того, як це здійснюють у корпоративній хмарі, на основі платформи Apache Cloudstack. Для її реалізації необхідним є встановлення дозволів відповідно до таблиці 3.5.1.

Таблиця 3.5.1. Дозволи для забезпечення клонування віртуальних машин у хмарі на основі Proxmox VE

| Системні повноваження | Тип | Шлях | Наслідкування | Опис |
|-----------------------|------------|------------|---------------|----------------------------------------------------|
| PVEAuditor | Група | / | + | Доступ лише для читання |
| PVEDatastoreUser | Група | /storage | + | Виділення місця для резервного копіювання та |
| PVETemplateUser | Група | /pool | + | Перегляд та клонування шаблонів |
| PVEVMUser | Група | /nodes | + | Перегляд, резервне копіювання, керування живленням |
| Administrator | Користувач | /vms/VM_ID | - | Усі повноваження для виконання операцій |

Для створення дозволів, які відповідають останньому рядку таблиці, ми визначили пари <students_login> – <VM_ID>, що забезпечують відповідність логіна студента та його VM. Безпосередній дозвіл був наданий за допомогою вбудованої команди:

```
pveum acl modify /vms/<VM_ID> <user <username> -role Administrator
```

Пізніше за допомогою розробленого сценарію ми отримали список користувачів з каталогу LDAP і встановили для них відповідні ідентифікатори.

Важливо, що під час клонування VM студенти мають зазначити ID, наданий викладачем для VM (рис. 3.5.1).

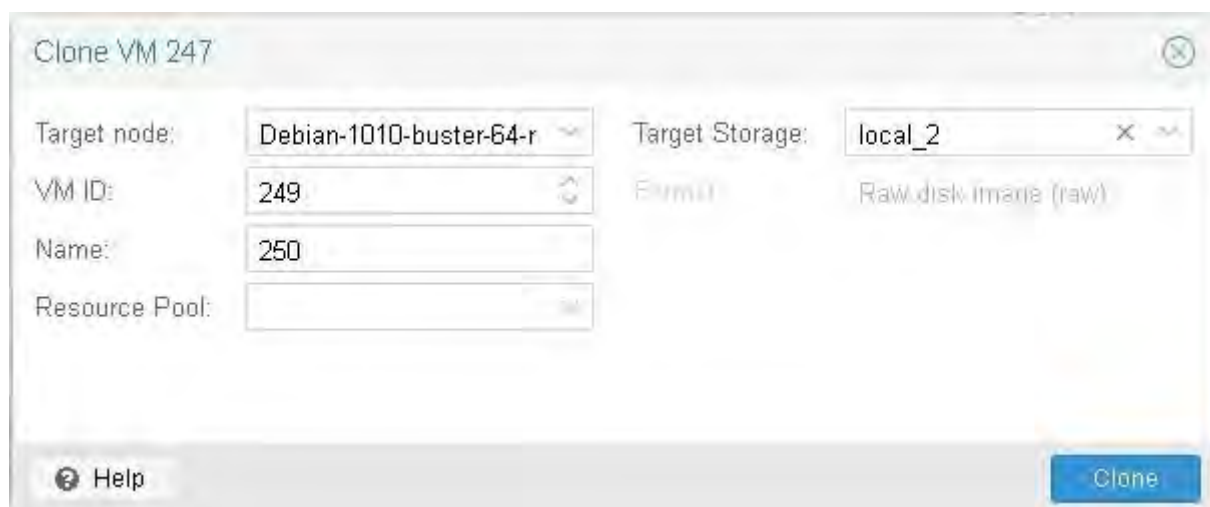


Рис. 3.5.1. Створення VM у Proxmox VE через клонування її з шаблону

Для того щоб надати спільний доступ до VM для кількох користувачів, їх потрібно додати до однієї групи, для якої встановити права за допомогою консольної команди `rvcum` або через вебінтерфейс платформи. Для забезпечення доступу значної кількості студентів було налаштовано автентифікацію користувачів на основі каталогу LDAP (Active Directory). Поряд із розглянутими вище параметрами (IP-адреса та порт контролера домену, який містить каталог LDAP, облікові дані користувача для читання даних з каталогу (Bind User), атрибути облікового запису користувача (пошта, належність до групи)) було визначено фільтри для обмеження доступу до певних організаційних підрозділів LDAP-каталогу та додаткові опції (об'єкти синхронізації, операції з новими користувачами, видалення користувачів). На відміну від платформи Apache Cloudstack, Proxmox VE забезпечує можливість одноразової та повноцінної синхронізації каталогу з базою даних облікових записів користувачів платформи. Для цього було використано консольну команду `rvcum realm sync`. Проте існує й аналогічна до Apache Cloudstack можливість ручного додавання облікових записів із LDAP-каталогу за допомогою вебінтерфейсу.

Ще однією проблемою реалізації корпоративної хмари на основі платформи Apache Cloudstack є нераціональний розподіл обчислювальних ресурсів. Архітектура платформи передбачає їх резервування на основі кількості та

продуктивності віртуальних машин (Apache Cloudstack резервує гарантовану частоту процесора та оперативну пам'ять для кожної віртуальної машини). Як показує досвід, використання цих ресурсів не є постійним, а залежить від специфіки завдань освітнього процесу.

У випадку платформи Proxmox VE для більш раціонального розподілу ресурсів хмари ми використовували контейнери. Незважаючи на те, що віртуальні машини забезпечують середовище, яке якнайповніше відповідає реальному комп'ютеру, системні контейнери пропонують середовище, максимально наближене до того, що користувач отримує від віртуальної машини, але без накладних витрат на роботу одного ядра та імітацію всього апаратного забезпечення [165]. З точки зору «батьківської» ОС (хоста), процеси з контейнера працюють у її середовищі (а не в межах гіпервізора). Це дозволяє запускати більше контейнерів порівняно з віртуальними машинами. Проте основним обмеженням контейнерів є ОС. Вона не може бути іншою, ніж та, що працює на вузлі. Крім того, хост може бути потенційно вразливим для процесів, що виконуються в межах контейнера.

Було проведено обчислювальний експеримент і виявлено, що те саме обладнання може запускати в кілька разів більше контейнерів, ніж віртуальних машин з тими самими обчислювальними характеристиками. На рис. 3.5.2 показано графіки завантаження сервера, на якому працює 120 контейнерів. Кожен з них є моделлю комп'ютера, процесор якого має одне ядро та 768 Мбайт оперативної пам'яті. У цей час хмара генерує приблизно 40 Мбіт/с вхідного та вихідного трафіку (рис. 3.5.2).

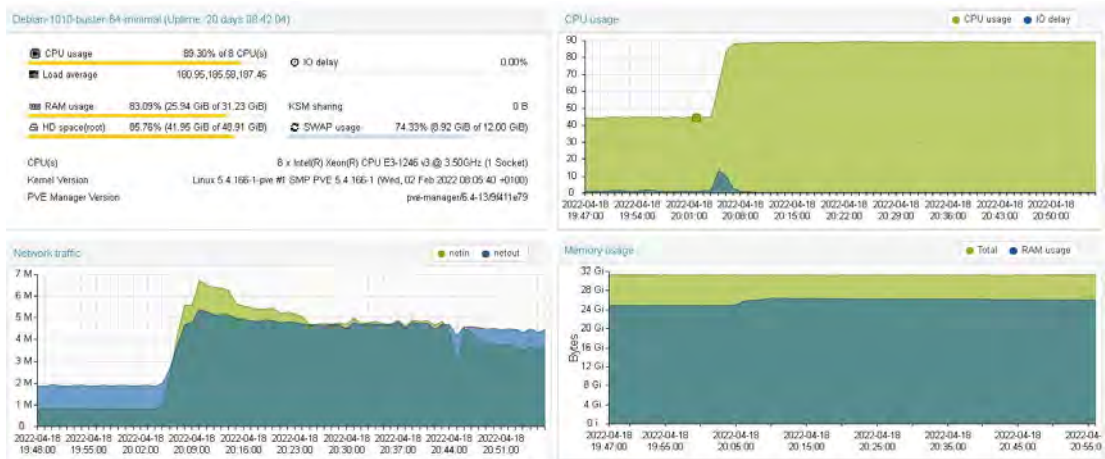


Рис. 3.5.2. Інтерфейс платформи Proxmox VE із графіками продуктивності

Важливим складником сервісної моделі ХОСН є підтримка мереж у хмарній інфраструктурі. Аналогічно до платформи Apache Cloudstack, було налаштовано та виділено щонайменше одну віртуальну локальну мережу (VLAN) для кожної академічної групи студентів. Проте існує технічна можливість надати окрему VLAN для кожного студента. Ще однією вимогою до мереж є їх інтеграція з хмарною інфраструктурою університету. Для цього на сервері Proxmox VE було налаштовано сервер віртуальних приватних мереж (VPN). Оскільки в хмарній інфраструктурі університету розгорнуто багато VLAN, необхідно вибрати технологію VPN, яка інкапсулює дані канального рівня OSI. Внаслідок додаткового аналізу хмарної інфраструктури було вирішено використовувати однакові VLAN в інфраструктурах Apache Cloudstack і Proxmox VE. Зазначена технологія дозволяє передавати дані між платформами без маршрутизації. Був обраний OpenVPN – безкоштовний безпечний сервер VPN, відповідає цій вимозі. Він має одну з найкращих пропускних спроможностей в інтернеті та є однією з найбезпечніших служб VPN. Для виконання цих функцій було розгорнуто та налаштовано окрему віртуальну машину на базі MikroTik Cloud Hosted Router, який виконує функції OpenVPN (рис. 3.5.3).

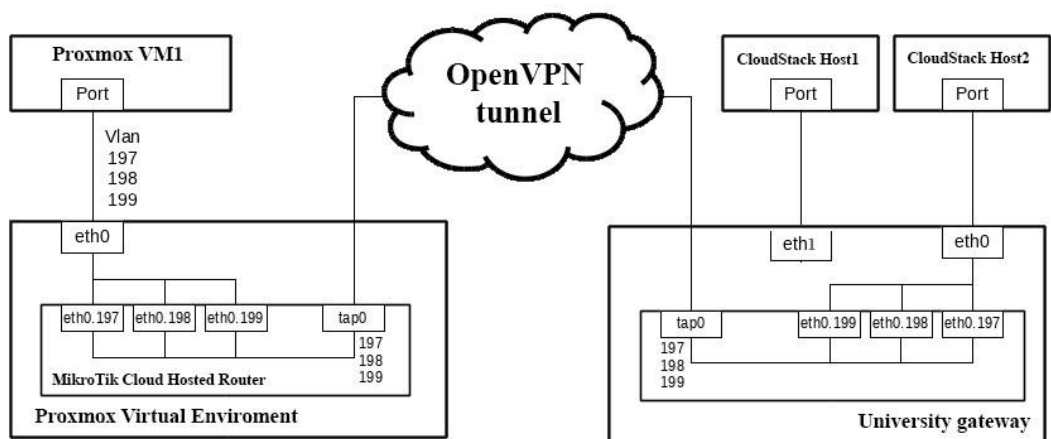


Рис. 3.5.3. Схема мережної інтеграції платформ Apache Cloudstack і Proxmox VE

У результаті віртуальні машини з різних хмар можуть обмінюватися трафіком в межах однієї VLAN. Це дозволяє створювати гібридну хмарну інфраструктуру, проводити дослідження та масштабувати ХОСН за допомогою як віртуальних, так і фізичних пристроїв.

Додатковою перевагою платформи Proxmox VE є наявність адаптованого вебінтерфейсу для мобільних пристроїв. На жаль, він не дозволяє студентів виконувати всі операції, що пропонує версія платформи для настільного браузера. Проте він забезпечує виконання більшості нагальних операцій щодо роботи з VM та контейнерами. Цю опцію також неодноразово було використано здобувачами, зокрема і під час дистанційного навчання, коли студент не завжди має доступ до комп'ютера чи ноутбука. Станом на 2022 рік функціональні мобільні додатки платформи Proxmox VE для Android і iOS переважно платні. Однак його мобільна версія вебінтерфейсу дозволяє студентам виконувати базові команди, такі як запуск, зупинка, перезавантаження, міграція VM або контейнерів до іншого сховища (рис. 3.5.4).

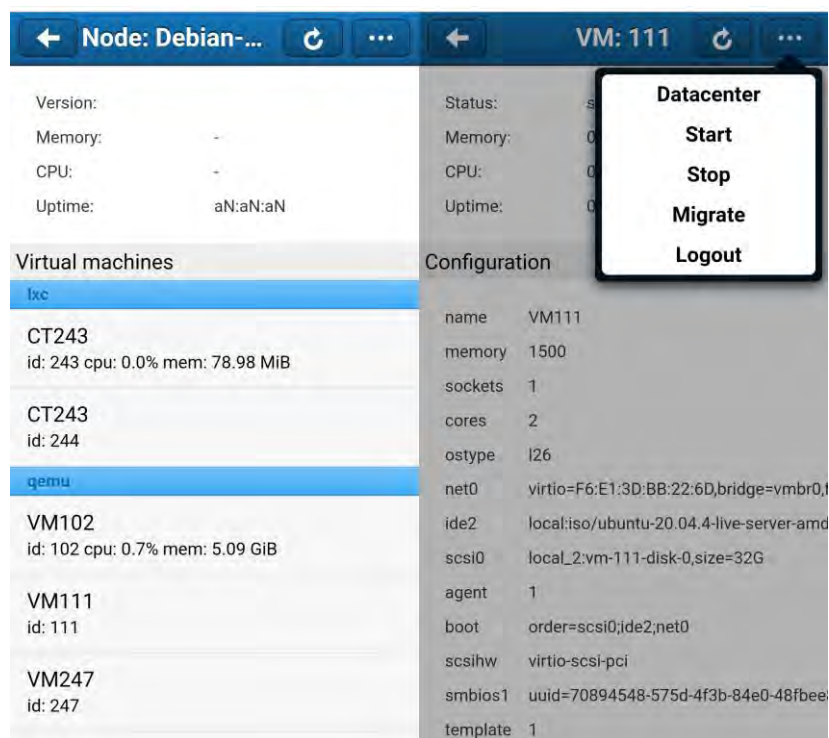


Рис. 3.5.2. Мобільна версія вебінтерфейсу Proxmox VE

У доступній мобільній версії також реалізовано доступ до інтерфейсу (консолі) VM. Як було з'ясовано, під час навчання студенти все ж використовували цей засіб для випадку ОС Linux. Загалом він забезпечує виконання стандартних функцій керування VM (запуск, зупинка, виклик клавіатури, натискання системної комбінації клавіш тощо) (рисунок 3.5.4).

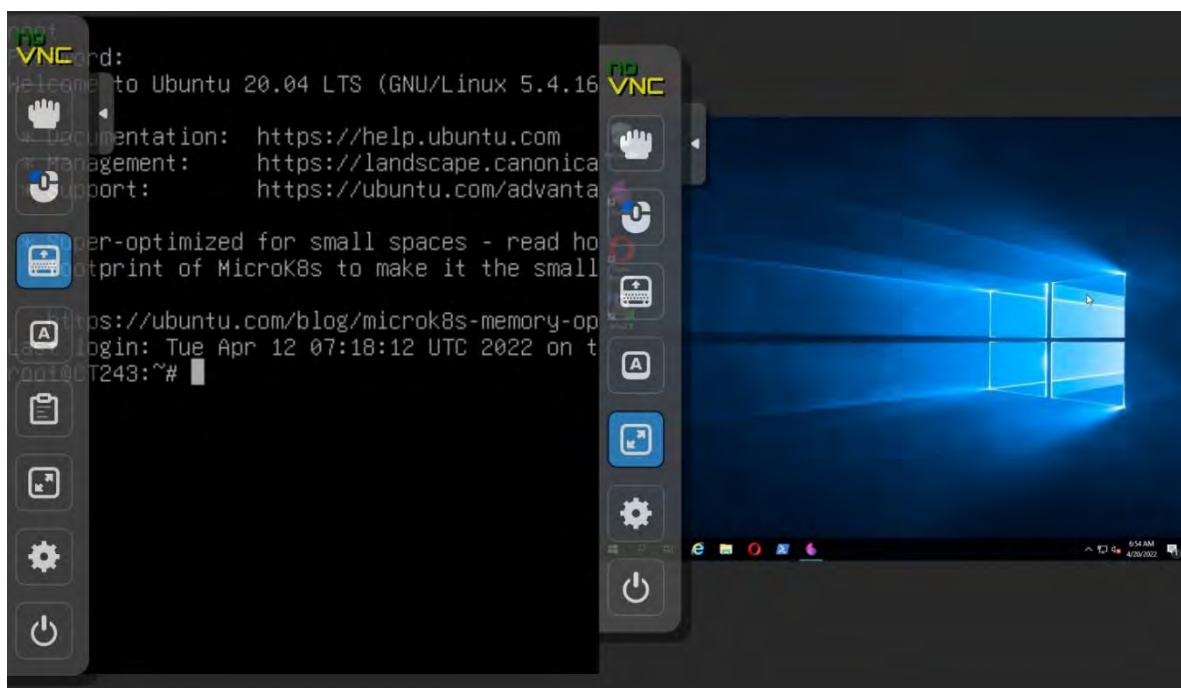


Рис. 3.5.3. Мобільні версії командного та графічного інтерфейсів користувача платформи Proxmox VE

Варто відзначити відгуки здобувачів про те, що працювати з мобільною версією консолі VM з Windows незручно. Незважаючи на це, їм вдалося виконувати зі смартфона основні операції з графічним інтерфейсом ОС.

3.5. Супровід та обслуговування платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE

Як було зазначено в моделі адміністрування, обслуговування ХОСН є постійним процесом, що є сукупністю технологічних задач, які вимагають постійної уваги інженерів, адміністраторів мережних систем, викладачів. Корисною є практика залучення до супроводу ініціативних і здібних студентів. Чимало науковців описують досвід розгортання академічної хмари. Вони зазначають, що зазвичай труднощі виникають при переході від моделі академічної хмари до її практичного застосування [376], [253], та, серед іншого, аналізують проблеми балансування навантаження, еластичності гіпервізорів, загроз безпеці, резервного копіювання сховищ тощо.

На основі розроблених вище моделей та аналізу власного досвіду виокремимо найбільш затребувані щодо виконання завдання супроводу корпоративної хмари, розгорнутої на основі платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE:

1. Внесення змін до хмарної інфраструктури.
2. Розроблення та перевірка моделі продуктивності корпоративної хмари.
3. Розроблення та реалізація моделі резервного копіювання корпоративних хмар.

Щодо першого завдання, то в нашій реалізації його можна розподілити на такі підзавдання:

- зміна параметрів компонентів хмарної інфраструктури – зон, кластерів, хостів, сховищ;
- створення та маршрутизація віртуальних мереж для окремих груп або студентів;
- створення та модифікація шаблонів обчислювальних сервісів, що

визначають продуктивність ВМ;

- створення та модифікація шаблонів мережевих послуг, таких як VPN, DHCP, DNS-сервери, брандмауер, балансувальник навантаження тощо;
- створення проектів для спільного використання ВМ студентами.

Друге завдання передбачає визначення параметрів та оцінювання кількості віртуальних машин, що можуть одночасно працювати в хмарі. Це також необхідно для оцінювання обчислювальної продуктивності ВМ, яка потрібна для створення їхніх шаблонів. У підсумку отримані значення дають можливість оцінити потребу в масштабуванні тієї чи іншої хмарної платформи.

Обидві з обраних нами платформ використовують резервування процесора та пам'яті залежно від кількості віртуальних машин. Proxmox VE дозволяє хмарним адміністраторам робити це більш гнучко завдяки запуску контейнерів замість віртуальних машин.

Створюючи шаблони продуктивності, ми брали до уваги апаратні характеристики фізичних комп'ютерів (частоту процесорів та обсяг їх оперативної пам'яті). Також слід врахувати мінімальні вимоги ОС та кількість студентів, що одночасно працюватимуть з цією ОС. Із співвідношення (3.6.1) можна визначити кількість студентів, які одночасно може обслуговувати корпоративна хмара.

$$FRQ = N_{st} * F_{OS} < FRQ_{hosts} \quad (3.6.1), \text{ де}$$

FRQ – сумарна частота процесорів усіх ВМ; N_{st} – кількість студентів; F_{OS} – мінімальна частота рекомендована для ОС; FRQ_{hosts} – сумарна частота процесорів хостів.

Останню величину знаходимо зі співвідношення (3.6.2):

$$FRQ_{hosts} = \sum_{i=1}^n (N_{ci} F_{ci}) \quad (3.6.2), \text{ де}$$

N_{ci} – кількість ядер в процесорі i -го хоста, F_{ci} – частота CPU i -го хоста.

На відміну від Apache Cloudstack, платформа Proxmox VE не надає шаблони продуктивності. Відповідні їм параметри встановлюють окремо для кожної віртуальної машини під час інсталяції. Якщо студент клонує віртуальну машину з шаблону, він не може змінити задані налаштування продуктивності. Натомість

уже під час функціонування віртуальної машини параметри частоти процесора та обсягу оперативної пам'яті є доступними для редагування.

Аналогічне співвідношення використовуємо для обчислення сумарного обсягу пам'яті корпоративної хмари:

$$\text{MEM} = N_{st} * \text{MEM}_{OS} < \text{MEM}_{hosts} \quad (3.6.3),$$

Для того щоб порівняти обчислювальні можливості досліджуваних хмарних платформ, було порівняно характеристики апаратного забезпечення відповідних серверів (див. табл. 3.6.1).

Таблиця 3.6.1. Апаратні характеристики серверів, на яких розгорнуто платформи Apache Cloudstack та Proxmox VE

| Хости | N _{ci} | F _{ci} | MEM _{ci} | FRQ _{host} |
|---------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------|
| Host0 | 4 | 3200 | 16384 | 12800 |
| Host1 | 4 | 3100 | 24576 | 12400 |
| Host2 | 4 | 3100 | 16384 | 12400 |
| Host3 | 4 | 3700 | 32768 | 14800 |
| Загалом | 16 | | 90112 | 52400 |
| Proxmox | 8 | 3500 | 28000 | 31980 |

Підсумовуючи значення хотів 0-3, слід зазначити, що корпоративна хмара на основі Apache Cloudstack має загальну частоту процесорів близько 50 ГГц та загальний обсяг оперативної пам'яті близько 90 Гб.

У [285] розроблено 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 розв'язання проблеми є міграція визначеного екземпляра на інший гіпервізор (хост). Автори пропонують концепцію нерівномірності, яку визначають за співвідношенням:

$$N_R^p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{r_i - \bar{r}}{\bar{r}} \right)^2}, \quad (3.6.4),$$

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.

$$t^* = \sum_{t \in R}^n (r - r_t)^2 \quad (3.6.5)$$

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, так і їх виконання на іншому гіпервізорі.

На жаль, ми не змогли отримати однакове обладнання для розгортання ідентичних корпоративних хмар на основі платформ Apache Cloudstack і Proxmox VE. На основі аналізу апаратних характеристик наявного обладнання було висловлено припущення, що продуктивність фізичного сервера з Proxmox VE має відповідати обчислювальній потужності двох серверів Apache Cloudstack (Host0 та Host2). Отже, у хмарі на основі Cloudstack ми залишили ці 2 хости активними вимкнули інші два. Протягом експерименту Host1 залишався доступним, оскільки він є сервером управління та забезпечує роботу всієї платформи.

Щодо частот процесорів, то наша модель продуктивності є спрощеною та не враховує 2 факти:

- наведені в таблиці частоти є базовими, проте сучасні процесори можуть підвищувати продуктивність залежно від задач, які вони виконують;
- фізичні сервери виконують не лише ВМ, а й інше програмне забезпечення (ОС, бази даних, сервери управління, гіпервізори тощо), яке потребує обчислювальні ресурси.

Загальновідомо, що частота сучасного процесора непостійна. Вона може збільшуватися або зменшуватися залежно від режиму роботи. Ось чому ми

використовуємо базову частоту процесора в таблицях і формулах вище. Базова частота процесора описує швидкість, з якою транзистори процесора відкриваються та закриваються. Гіпервізор KVM вимірює саме цю частоту процесора. KVM (Kernel-based Virtual Machine) є програмним забезпеченням для запуску та виконання віртуальних машин на обох досліджуваних платформах.

Для тестування моделі було використано кілька видів віртуальних машин. Вони виконувалися обома платформами, поки завантаження процесорів не досягло 90 %. Такими віртуальними машинами були Windows (робоча станція та сервер) і Linux (з CLI або GUI). ОС Linux із командним інтерфейсом користувача (шаблон LinuxCLI) працювали як контейнери на платформі Proxmox VE. У випадку Cloudstack ці ж ОС виконувалися в режимі віртуальних машин. Кількість завантажених віртуальних машин показано в таблиці 3.6.2.

Таблиця 3.6.2. Порівняння кількості віртуальних машин, що працюють на платформах Apache Cloudstack і Proxmox VE

| ОС | Apache Cloudstack | Proxmox VE |
|--------------------|-------------------|------------|
| LinuxCLI | 50 | 120 |
| LinuxGUI | 18 | 19 |
| WindowsWorkstation | 20 | 22 |
| WindowsServer | 16 | 16 |
| AdvancedLinux | 12 | 8 |

Як видно з таблиці 3.5.2, кількість віртуальних машин з графічним інтерфейсом користувача (шаблони LinuxGUI, WindowsWorkstation, WindowsServer), завантажених на Proxmox VE, трохи вища, ніж на Apache Cloudstack. Проте існує особливо значна відмінність у кількості завантажених екземплярів для віртуальних машин на основі шаблону LinuxCLI. Це можна обґрунтувати тим, що платформа Proxmox VE використовувала саме контейнери. На жаль, порівняно з Apache Cloudstack, Proxmox VE має гірші результати для віртуальних машин із вкладеною віртуалізацією (шаблон AdvancedLinux). У розгорнутій ХОСН зазначений тип віртуальних машин використовується для моделювання та дослідження комп'ютерних мереж.

Подальше тестування моделі продуктивності корпоративних хмар було проведено за методикою, описаною науковцями із США та Саудівської Аравії в дослідженні [352]. Модель авторів використовувала для вимірювання методи порівняльного аналізу продуктивності систем та їх окремих компонентів, зокрема частоти процесора, пам'яті, кеш-пам'яті та продуктивності диска. Детальніше його організацію та результати проаналізовано у параграфі 5.1.

Іншим важливим завданням щодо обслуговування корпоративної хмари є резервне копіювання. Оскільки в академічній хмарі функціонує багато віртуальних машин, то виконання резервного копіювання одночасно є обов'язковою та трудомісткою задачею. Це пов'язано з тим, що проблема резервного копіювання є актуальною практично для всіх ІТ-інфраструктур. У виборі способу резервного копіювання важливими є такі критерії, як [255], [364], [420], [382]:

- час резервного копіювання в сховище;
- час відновлення з резервної копії;
- кількість копій, що можна зберегти на сховищі;
- ризики, пов'язані з неконсистентністю резервних копій, недосконалістю методу виконання самого процесу, повною або частковою втратою архівів;
- додаткові витрати, зокрема рівень навантаження на хмару загалом та окремі сервери під час виконання копіювання, зменшення швидкості відповіді сервісу, необхідність міграції на інші потужності тощо;
- виконання операцій пошуку архівів та їх дедублікації;
- вартість оренди всіх сервісів та сховищ.

Автори дослідження [286] стверджують, що як постачальник хмарної інфраструктури, так і її користувачі мають вживати комплексних заходів для забезпечення відповідних конфігурацій, захисту хмарного середовища, проєктуючи, розробляючи та тестуючи відповідні засоби.

Науковці Фізико-механічного інституту НАН України та НУ «Львівська політехніка» розробили ефективний метод дедуплікації та розподілу даних у

хмарних сховищах під час створення резервних копій. Дослідники розробили інтелектуальну систему для такої дедуплікації та протестували її [312].

Науковці [361] також вивчали резервне копіювання даних у хмарі. Автори пропонують схему розділення даних, резервного копіювання та шифрування. Вони констатують, що їхня власна схема усуває протиріччя між факторами безпеки даних та функціональності IT-інфраструктури через використання авторського криптованого методу резервного копіювання.

У контексті цього дослідження важливою є модель резервування хмарної інфраструктури Apache Cloudstack, розроблена Полом Ангусом. Він розробив незалежний від постачальника платформи API-інтерфейс. Модель автора абстрагує від користувача специфіку програмної реалізації та за допомогою плагіна пропонує функціонал резервного копіювання та відновлення хмарної інфраструктури [350].

У параграфі 3.4 було зазначено, що у дослідних зразках ХОСН не використовується серверне обладнання. Як наслідок, для виконання завдань резервного копіювання було вирішено використати хмарні сервіси. Наприклад, сервіс Google Диск, що входить до складу платформи Google Workspace для академічної підписки пропонує доволі значний (загалом 100 ТБ для всіх користувачів) дисковий простір. Недоліком такого сховища є значний час на вивантаження або завантаження резервних копій. Ця швидкість буде обмежена пропускною здатністю інтернет-каналу університету. Останню вимогу можна вважати допустимою, оскільки наша реалізація корпоративної хмари використовується переважно для навчання здобувачів, а не для виробничих задач.

Ми розробили власний скрипт для виконання резервного копіювання даних корпоративної хмари, розгорнутої на основі Apache Cloudstack. Проаналізуємо технологію його розроблення та використання. Для доступу до сервісу Google Диск у власних додатках слід активувати API-інтерфейс цього сервісу. Він доступний у консолі Google Developers – сервісі для розробників. У процесі розроблення на сервісі було створено власний проєкт і згенеровано облікові дані

доступу. Для авторизації скрипта було використано протокол OAuth 2.0 та обрано тип додатка –«Настільна програма».

Як відомо, існують три основні схеми резервного копіювання [412]:

- Повне. Під час виконання цього виду резервування створюється повна копія всіх даних.
- Інкрементне, при якому послідовні копії даних містять лише ту частину, яка змінилася з часу створення попередньої резервної копії. У випадку відновлення потрібні остання повна резервна копія, а також усі додаткові резервні (диференціальні) копії.
- Диференціальне, що зберігає дані, які змінилися з моменту останнього повного резервного копіювання. Цей тип потребує більше часу на відновлення, ніж інкрементний спосіб.

Як видно з рис. 4.3.3, дослідний зразок корпоративної хмари містить такі об'єкти:

- один сервер управління;
- чотири хости, що виконують екземпляри ВМ;
- три первинних сховища, що містять диски цих ВМ;
- одне вторинне сховище для збереження шаблонів ВМ та ISO-образів.

Оскільки об'єкти вторинного сховища не змінюються, а лише додаються нові, то для резервування вторинного сховища ми обрали інкрементний метод. Його реалізацію було засновано на використанні готової утиліти для синхронізації файлів сховища. На жаль, нині практично не існує готової утиліти на зразок Google backup and Sync, розробленої для ОС Windows. Отже, було проаналізовано такі засоби:

- Gdrive (grive2) — клієнт Google Диска з підтримкою нового REST API-інтерфейсу та частковою синхронізацією сховища. Він не може забезпечити безперервне очікування змін у файловій системі або на Диску Google для зворотної синхронізації.
- Gnome-online-accounts – системна утиліта, розташована в налаштуваннях графічного інтерфейсу Gnome. Загальновідомо, що сервери під

управлінням Linux зазвичай використовують лише командний інтерфейс.

- GoSync – це клієнт Google Drive з підтримкою графічного інтерфейсу для Linux. Він розроблений відповідно до ліцензії GNU 2. Клієнт не є досить досконалим, наприклад, має автоматичну регулярну синхронізацію кожні 10 хвилин. Цю синхронізацію не може бути відключено, але може бути припинено.
- Google-drive-ocamlfuse – модуль, що використовує псевдофайлову систему FUSE (Filesystem in Userspace – файлова система в просторі користувача). Модуль використовує спеціально розроблену файлову систему для Google диска. Вона розроблена з використанням мови OCaml. Система FUSE завантажується як модуль ядра Unix-подібних операційних систем. Він дозволяє розробникам створювати нові типи файлових систем, доступних для монтування (підключення) користувачами та не потребує привілеїв адміністратора.

Ми використали останню утиліту. Її основні можливості [319] є такими:

- повний доступ для читання / запису до звичайних файлів і папок;
- доступ лише для читання до Google Документів, Таблиць і Презентацій;
- підтримка одночасного запуску з привілеями кількох облікових записів;
- обробка дублікатів файлів;
- доступ до кошика (каталог .Trash);
- синхронізація дозволів та прав власника для ОС Unix;
- підтримка символічних посилань;
- використання буферів попереднього читання під час потокового передавання.

Для встановлення утиліти слід додати репозитарій `ppa:alessandro-strada/ppa`.

У процесі встановлення виникла проблема, пов'язана з тим, що утиліта `Google-drive-ocamlfuse` вимагає авторизації за допомогою браузера в графічному інтерфейсі. Тому було використано власний підхід для авторизації в консольному інтерфейсі, що дозволив отримати власний OAuth2 ідентифікатор

клієнта та секретну фразу (client secret). Їх було використано в команді, що встановлює з'єднання:

```
google-drive-ocamlfuse -id 12345678.apps.googleusercontent.com -secret abcde12345
```

Оскільки команда намагається запустити браузер на сервері, де немає GUI, було сформовано потрібний URL, за яким вдалося отримати код підтвердження (verification code). Він забезпечив доступ до синхронізації папки на хмарне сховище.

З міркувань безпеки ми вирішили синхронізувати не саме вторинне сховище, а його локальну копію з резервного накопичувача (задача Backup_Secondary). Отже, спочатку було синхронізовано за інкрементною схемою локальні папки за допомогою команди:

```
rsync -azvh /export/secondary /export/sync_secondary/arch_cloud ,  
де /export/secondary – вторинне сховище інфраструктури Apache Cloudstack;  
/export/sync_secondary/arch_cloud – локальна копія цього сховища.
```

Для синхронізації папки */export/sync_secondary/arch_cloud* у планувальник задач сервера було додано команду:

```
google-drive-ocamlfuse /export/sync_secondary
```

Вона виконується щоразу під час старту сервера, який містить вторинне сховище.

Для відновлення хмарної інфраструктури платформи Apache Cloudstack необхідною є резервна копія всіх баз даних, зокрема:

- Cloud – містить усі об'єкти хмарної інфраструктури;
- Cloud_usage – база, що містить узагальнені дані використання обчислювальних ресурсів кожним користувачем. Вона потрібна для отримання статистичних даних та складання звітів.

Оскільки резервна копія цих баз даних є досить малою, то ми вирішили зберігати на хмарному сховищі всі її екземпляри. Базою даних за замовчуванням для платформи Apache Cloudstack є MySQL. Основною утилітою для створення резервних копій баз даних MySQL є mysqldump. Її синтаксис передбачає

введення даних облікового запису користувача, з привілежiami якого виконуватиметься резервне копіювання. Оскільки shell-скрипт в ОС Linux записується як некриптований текстовий файл, що містить ім'я та пароль користувача (зазвичай root) бази даних, це є потенційним ризиком для безпеки усього сервера. Щоб не залишати відкриті дані для авторизації користувача бази даних, було використано додаткову опцію "login path", яка є групою параметрів, що вказують, до якого сервера MySQL слід підключитися та з яким обліковим записом виконати автентифікацію. Щоб створити або змінити зазначений файл, ми використали утиліту `mysql_config_editor`.

Загалом команди для створення та архівування дампу бази даних мають вигляд:

```
/usr/bin/mysqldump --login-path=DailyBackup -u root -A >
$BACKUP_DIR/"archive_cloud_all_" "$date_daily".sql"
tar -czf $BACKUP_DIR/"archive_cloud_all_" "$date_daily".sql.tgz"
$BACKUP_DIR/"archive_cloud_all_" "$date_daily".sql"
```

Змінна `$date_daily` містить поточну дату архіву, що дозволяє бачити дату архівування безпосередньо у назві файлу.

Для завантаження файлів на сервер ми використали готовий скрипт з github [252]. Наведемо його синтаксис:

```
upload.sh "arch_cloud/DB" "$sentry" $supl_file folder_ID "application/x-gzip", де
```

- `arch_cloud/DB` – папка на локальному диску сервера, з якої відбуватиметься завантаження файлів;
- `$sentry` – повний маршрут до файла, що слід завантажити;
- `$supl_file` – ім'я файла для завантаження;
- `folder_ID` – ідентифікатор папки на Google Диску;
- `application/x-gzip` – MIME-тип файла.

Для того щоб забезпечити довготривалий доступ скрипта `upload.sh` до Google-диска, потрібен спеціальний маркер `refresh_token`. Він був отриманий за допомогою такого `curl`-запиту до сервісу автентифікації Google:

```
curl --silent "https://accounts.google.com/o/oauth2/token" --data
"code=<access_token>&client_id=<client_ID>&client_secret=<client_secret
>&redirect_uri=urn:ietf:wg:oauth:2.0:oob&grant_type=authorization_code"
```

Виконання резервного копіювання первинних сховищ (задачі Backup_Primary(0,1,2,3)) мало деякі труднощі. Аналіз інтернет-джерел, бази даних сервера управління та файлів на сховищах показав, що платформа Apache Cloudstack зазвичай не використовує повні копії шаблонів дисків для кожної VM. Це означає, що для зменшення ризиків неконсистентності архівів первинних сховищ слід робити їх повні резервні копії.

Слід підготувати хмарну платформу, зупинивши всі VM. Звичайно, у студентів слід формування розуміння необхідності вимкнення їх власних VM. Проте на практиці це не завжди вдається. Тому було прийнято рішення зупинити всі VM програмно, за допомогою скрипта. Це можна зробити, використовуючи API-функції платформи Apache Cloudstack. Використання API-функцій дає змогу отримати доступ до даних про об'єкти хмарної інфраструктури. Також можливо змінювати стан цих об'єктів.

Для формування запити, який містить API-функції, слід зазначити:

- URL-адресу до сервера управління;
- службову конструкцію «арі?», яка містить шлях до певної API-функції, та вказує на початок параметрів, що передаються за допомогою способу GET;
- command – назву команди;
- arіKey – API-ключ, який генерується при створенні або зміні облікового запису користувача;
- додаткові параметри уточнення запити – розділяється аналогічно до GET-запитів за допомогою символу «&»;
- формат відповіді – JSON або XML;
- signature – підпис запити.

Незалежно від протоколу (HTTP або HTTPS), за допомогою якого здійснюється доступ до API-функцій Apache Cloudstack, запит має бути підписаний. Це дає змогу платформі підтвердити, що запит надіслано від

довіреного облікового запиту, який має повноваження виконувати відповідну команду. Для підписування запиту слід мати API-ключ і секретний ключ облікового запису, які можна одержати в адміністратора платформи.

Скрипт для зупинки всіх VM-користувачів, що працюють, має вигляд:

```
mysql --login-path=DailyBackup -D cloud -e "SELECT uuid FROM vm_instance  
WHERE type = \"User\" and state = \"running\";" > uuid.txt  
sed -i '1d' uuid.txt  
while read LINE; do php -q cloudstackapi.php "$LINE" ; done < uuid.txt
```

У першому рядку отримано у файл з бази даних перелік VM користувачів, що мають стан «виконується». Наступна команда очищає перший рядок, оскільки він не містить ідентифікатор VM. Третій рядок виконує сценарій *cloudstackapi.php*. Він формує підпис і виклик API для зупинки VM (*stopVirtualMachine*).

Ще одним способом резервування поточного стану VM є створення їх знімків. Платформа Apache Cloudstack надає 2 види знімків [418]:

- Знімок віртуальної машини – керований гіпервізором образ дисків віртуальної машини на певний момент часу. Механізм його реалізації залежить від конкретного гіпервізора.
- Знімок сховища – образ сховища на певний момент часу. Процес зазвичай передбачає створення моментального знімка віртуальної машини, а потім копіювання необхідного тому у вторинне сховище та видалення знімка віртуальної машини.

Зазначені способи вимагають додаткового місця на вторинному сховищі. Такі знімки можуть робити виконувати студенти з графічного інтерфейсу платформи. Виконання цієї дії, а також вимкнення власних VM після завершення їх використання є важливими складниками ІКТ-компетентності студента щодо роботи з хмарною платформою. Проте, як показує досвід, не всі студенти виконують рекомендовані дії. Тому ці також варто автоматизувати за допомогою скриптів.

Резервне копіювання дослідного зразка корпоративної хмари потребує оцінки часу, що необхідний для завантаження даних у хмарне сховище. Станом на середину 2022 року обсяги сховищ платформи Apache Cloudstack приблизно такі:

- первинне-0 – 132 Гб;
- первинне-1 – 70 Гб;
- первинне-2 – 126 Гб;
- первинне-3 – 88 Гб;
- вторинне – 110 Гб.

Оскільки ми робимо повну копію первинних сховищ, нам потрібно щоразу завантажувати близько 400 Гб у хмарне сховище. Нехай швидкість інтернет-каналу в нічний час буде 80 Мбіт/с (10 Мбайт за секунду). Тоді на завантаження 400*1024 Мб потрібно 11 годин. Це доволі значний час. Для його зменшення ми збалансували доступ до інтернету через 2 провайдери. Під час резервного копіювання наші маршрутизатори спрямовують трафік хостів cloud0 і cloud1 через першого провайдера, а cloud2 і cloud3 — через другого (рис. 4.3.3). У цьому випадку повне резервне копіювання займає близько 6 годин. Цей час також значний, але прийнятний для виконання вночі.

Прогнозованим недоліком нашої схеми є значний час, необхідний для завантаження резервних копій із сервісу Google Диск. Це може датися взнаки у випадку, якщо сервер керування, або сховища вийдуть з ладу. Доцільним методом розв'язання проблеми є дублювання архівів або створення резервних копій усіх ОС сервера керування на швидкісному сховищі локальної мережі. Безперечно, це вимагає додаткових матеріальних затрат.

На відміну від платформи Apache Cloudstack, Proxmox VE надає чимало інструментів для резервного копіювання. Зокрема, для повнофункціонального створення резервних копій хмарної інфраструктури бажано встановити та налаштувати окремий сервер – «Proxmox Backup Server». Він є засобом корпоративного резервного копіювання та відновлення віртуальних машин, контейнерів і фізичних хостів. Завдяки підтримці інкрементних, повністю

дедуплікованих резервних копій, Proxmox Backup Server значно зменшує навантаження на мережу та заощаджує простір для зберігання архівів. Враховуючи обмеженість апаратних засобів, у межах дослідження ми не розгортали окремий сервер для резервного копіювання платформи Proxmox VE. Тим не менш, було виконано деякі завдання, передбачені в сервісній моделі ХОСН. Коротко проаналізуємо їх.

Зупинення VM студентів. Для виконання цього завдання можна не використовувати Proxmox API. Оскільки в нас уже є ідентифікатори VM студента, використані для встановлення прав доступу, то для того, щоб зупинити ці віртуальні машини на хості Proxmox, ми виконали команди

qm shutdown VM_ID або pct stop container_ID.

Вони зупиняють VM або контейнер з *VM_ID* та *container_ID* відповідно.

Оскільки на практиці підтверджено швидкість цих команд, то вони були запрограмовані в планувальнику сервера управління Proxmox VE, щоб увімкнути (вимкнути) студентські віртуальні машини та контейнери на початку (наприкінці) занять.

Резервне копіювання VM. Було створено регламентне завдання для резервного копіювання хмарної інфраструктури на спільний ресурс, що доступний за допомогою мережної файлової системи (NFS – Network File System). Сервер підключений до локальної мережі університету через тунель VNP-сервера OpenVPN. Як наслідок, запропонований підхід забезпечує збереження стану усіх машин.

Вбудовані інструменти платформи Proxmox VE дозволяють адміністратору корпоративної хмари гнучко та менш трудомістко виконувати це завдання. Доступні такі варіанти резервного копіювання (рис. 3.6.3):

- хост (вузол), який потрібно скопіювати;
- сховище, на яке слід виконувати резервування;
- дата і час виконання завдання;
- об'єкти резервного копіювання, наприклад деякі VM, усі VM, усі, крім деяких VM;

- метод стиснення (LZO, GZIP, ZSTD, без стиснення)
- режим копіювання (миттєвий знімок, призупинення або вимкнення віртуальної машини);
- сповіщення електронною поштою про статус завдання або помилки під час його виконання.

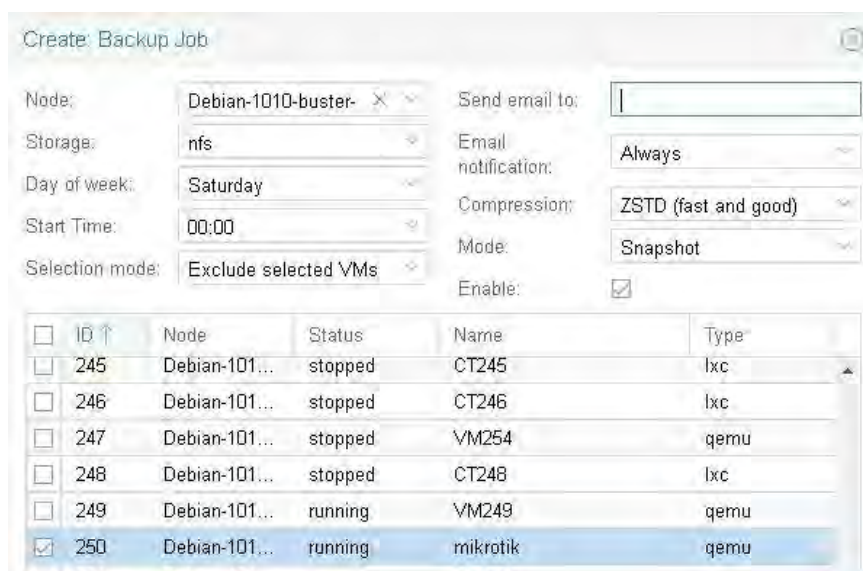


Рис. 3.6.3. Параметри резервного копіювання платформи Proxmox VE

Перевагою цього методу є резервування робочих VM «на льоту» (без їх вимкнення). Як і у випадку платформи Apache Cloudstack, ми використовуємо резервне копіювання віртуальних машин із хмарної інфраструктури Proxmox до сховища Google Диск.

Висновки до розділу 3

У розділі проаналізовано авторський досвід використання технологій адміністрування ХОСН. Для забезпечення доступу учасників освітнього процесу до ресурсів ХОСН було розроблено єдину систему автентифікації його користувачів.

Хмарні сервіси Google Workspace можна органічно інтегрувати в наявну систему засобів навчання стосовно автентифікації користувачів і їх доступу до освітнього контенту. Це підтверджено технологіями, що забезпечують інтеграцію популярної в ЗВО системи управління навчанням MOODLE із сервісами Google Workspace (Gmail, Google Диск, Календар) та Microsoft 365

(Calendar, OneDrive, Teams). Завдяки розгортанню зазначених загальнодоступних платформ та їх інтеграції в різні ХОСН заклади вищої та середньої освіти можуть зменшити витрати на обслуговування мережних комплексів навчальних закладів, а також підвищити якість і доступність їх навчальних ресурсів.

Корпоративні академічні хмари є доцільними для використання в хмарному навчальному середовищі. Це обґрунтовано необхідністю їх застосування в процесі підготовки майбутніх ІТ-фахівців і учителів інформатики. Незважаючи на доступність освітніх грантів від провідних постачальників хмарних технологій, багато університетів розгортають власні приватні академічні хмари. Хмарним адміністраторам доводиться докладати чимало зусиль для того, щоб підтримувати ці академічні хмари. Серед відповідних завдань одними з найважливіших є забезпечення продуктивності та еластичності хмари. Їх вирішення дозволить виконувати максимальну кількість віртуальних машин у хмарну інфраструктурі ХОСН.

Описані в параграфі технології адміністрування також систематизують авторський досвід щодо розгортання як складників ХОСН корпоративних хмарних платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE. Матеріали розділу доводять, що для виконання завдань розгортання слід дотримуватися положень розроблених моделей, а також що досягнення результату можливе без використання дороговартісного серверного забезпечення. Для забезпечення ефективного використання досліджуваних платформ у складі ХОСН оцінюється продуктивність корпоративних хмар, що розгорнуті на їх основі. Незважаючи на деякі обмеження та припущення, можна стверджувати, що платформи мають приблизно однакову продуктивність, а отже, можуть забезпечити виконання приблизно однакової кількості ВМ студентів.

Як показав авторський досвід, процес розгортання хмари на базі Proxmox VE є технічно є менш складним і може бути виконаний за коротший час. Цей факт є особливо важливим, якщо врахувати, що ми багато разів встановлювали Apache Cloudstack і Proxmox VE вперше. Слід констатувати, що у випадку

використання обох платформ попередня підготовка корпоративної хмари до освітнього процесу є важливим та необхідним завданням. Для його виконання потрібен кваліфікований фахівець.

Важливим завданням у супроводі корпоративної хмари є резервне копіювання її компонент. Для його ефективного виконання потрібне використання різних схем резервного збереження – повного, інкрементного та диференціального. Забезпечення резервування має передбачати дублювання сховищ, одне з яких є хмарним, а інше розміщується в локальній ІТ-інфраструктурі університету. У будь-якому випадку адміністратори мають визначити, скільки часу знадобиться для створення та відновлення всієї хмарної інфраструктури. Також доцільно використовувати функції API хмарної платформи, що дає змогу автоматизувати деякі завдання обслуговування.

Резервування корпоративної хмари на основі Apache Cloudstack також виявилось більш трудомістким, порівняно з Proxmox VE. Цей і перелічені вище фактори вказують на значний технічний та освітній потенціал саме останньої платформи. Наразі вважаємо за доцільне використовувати комбіновану корпоративну хмару, що містить обидві платформи.

Основні результати дослідження, викладені в четвертому розділі, відображено в таких публікаціях автора: [81], [78], [80], [71], [336], [339], [83], [87], [67], [76], [77], [90].

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ВИКОРИСТАННЯ ХМАРО ОРІЄНТОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ

4.1. Компоненти методичної системи використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики

Використання ХОСН у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики будемо здійснювати відповідно до розроблених концептуальної та дидактичної моделей. Враховуючи основну ідею дослідження, наголосимо, що процес використання має бути системним і неперервним, тобто відбуватися впродовж усього терміну навчання на першому та другому рівнях здобуття освіти за спеціальністю «014.09. Середня освіта (Інформатика)». Зміст і результати навчання мають відповідати затвердженим у ЗВО освітньо-професійним програмам. У нашому дослідженні ми першочергово будемо орієнтуватися на освітні програми, розроблені в ТНПУ імені Володимира Гнатюка (додаток А).

Розглянемо основні компоненти методичної системи використання ХОСН у процесі підготовки майбутніх вчителів інформатики, що є здобувачами на першому та другому рівнях вищої освіти. Вона містить п'ять складників – цільовий, змістовий, форми, методи, засоби, а також очікувані результати підготовки майбутніх учителів інформатики.

Цільовий компонент.

Мета: формування фахових компетентностей здобувачів щодо використання складників ХОСН для розв'язання освітніх завдань у процесі підготовки та майбутній професійній діяльності.

Цільова група: здобувачі освіти бакалаврського та магістерського рівня спеціальності «014.09. Середня освіта (Інформатика)».

Змістовий компонент методики використання хмаро орієнтованого середовища навчання передбачає предметне вивчення здобувачами особливостей використання хмарних сервісів і платформ, що передбачено освітніми програмами підготовки здобувачів бакалаврського та магістерського рівнів вищої освіти.

На основі підходу О.М. Спіріна [141] виділимо засади добору змісту навчання основ хмарних технологій.

Науковість, орієнтація на сучасні досягнення у галузі хмарних обчислень. Положення передбачає викладання здобувачам науково достовірного навчального матеріалу. Ми вважаємо обґрунтованим підхід, згідно з яким для розвитку компетентностей щодо використання хмарних технологій необхідні базові знання з теоретичних основ інформатики (архітектури комп'ютерів, операційних систем, мереж, програмування). На цій основі можуть бути сформовані фахові компетентні щодо розгортання у закладах освіти окремих складників ХОСН, як шляхом адаптації готових платформ, так і шляхом розроблення власних. Доцільним є вивчення основ хмарних технологій з позицій їх історичного розвитку, починаючи з ідей щодо одночасного використання комп'ютерів кількома людьми, через розвиток мережних технологій та віртуалізації до сучасних хмарних інфраструктур, контейнерів, що реалізуються у відкритих та комерційних хмарних платформах провідних наднаціональних вендорів.

Інформаційна ємність та визначення доцільного обсягу навчального матеріалу. Освітніми програмами, проаналізованими в першому розділі, визначено основні поняття, на формування яких має бути спрямовано підготовку здобувачів. Серед них основні принципи функціонування інформаційних технологій за парадигмою «хмарних обчислень»; моделі розгортання хмарних платформ; поняття IT-інфраструктури та можливості застосування хмарних технологій у процесі її розгортання; функціональні можливості загальнодоступних та корпоративних платформ, технології їх розгортання, принципи розподіленого оброблення та зберігання даних поширеними хмарними сервісами та платформами, особливості застосування хмарних технологій у навчальному процесі. Залежно від спрямованості освітньої програми обсяг теоретичного матеріалу та відповідних практичних навичок може бути різним. Проте фахові компетентності мають забезпечити здатність майбутніх учителів інформатики до розгортання та використання складників ХОСН в освітньому процесі.

Модульний розподіл змісту навчального матеріалу. Зміст курсу основ хмарних технологій має передбачати можливість його розподілу в межах окремих тем (змістових модулів), рівневої диференціації для студентів з різними рівнями навчальних досягнень. Враховуючи, що вже чимало років у вищій освіти України використовують Європейську кредитно-трансферну систему (ECTS), важливо, щоб навчальний матеріал дисциплін був дискретним та структурованим і кожна його частина була логічно та змістовно завершеною одиницею. Доцільним вбачаємо використання групової та проектної методики для забезпечення практичної значущості навчання. У цьому випадку практичні завдання можуть мати інваріантну та варіативні частини, що відповідають базовому та продуктивному або й творчому рівню розвитку компетентностей.

Теоретична повнота, доступність та практична реалізованість. Використання сучасних масових відкритих онлайн-курсів у поєднанні з авторськими методиками дає змогу ефективно поєднати та збалансувати обсяг навчального матеріалу, диференціювати його глибину та доступність його подання, щоб забезпечити, з одного боку, посиленість завдань, а з другого – максимальну практичну орієнтованість курсу та відповідність сучасним стандартам і технологіям хмарних обчислень.

Методи навчання:

- очне навчання (лекція, розповідь, презентація, групові дискусії, робота з навчальними посібниками тощо);
- інтерактивні методи (обговорення в малих групах, тематичні дослідження, контроль, демонстрації тощо);
- методи електронного навчання (вебзустрічі, вебінари, спільна підготовка документів, робота з сервісами ХОСН);
- методи контролю (усне та письмове опитування, анкетування, тестування, самоконтроль, оцінювання відповідей на проблемні питання, захист завдань лабораторних робіт і комп'ютерних практик).
- практичні методи (проект, тренінг).

Зазначені методи спрямовано на забезпечення реалізації ідей системного,

діяльнісного, особистісно орієнтованого, синергетичного підходу та методології комбінованого навчання. Їх застосування можливе під час лекцій, лабораторних робіт, тренінгів самостійної роботи, індивідуальних і групових консультацій.

Засоби:

- складники ХОСН, зокрема сервіси загальнодоступних хмарних платформ Google Workspace та Microsoft 365, відкриті платформи Apache Cloudstack та Proxmox VE, а також хмарні лабораторії, що розгорнуті на їх основі.
- цифрові пристрої викладачів та здобувачів (персональні та віртуальні комп'ютери, ноутбуки, смартфони, планшети), комунікаційне обладнання, що забезпечує повсюдний доступ до середовища з мережі інтернет;
- авторські електронні (опубліковані на університетських LMS-платформах) та масові відкриті онлайн-курси (платформи Cisco Network Academy, Coursera, EdX тощо);
- посібники, монографії, методичні рекомендації (зокрема авторські посібники «Адміністрування комп'ютерних мереж і систем» та «Основи хмарних технологій»).

Форми організації навчання за умов використання хмаро орієнтованого навчання майбутніх учителів інформатики: лекція («класична» та «мінілекція»), лабораторна робота, комп'ютерна практика, самостійна робота, індивідуальні та групові консультації, групові та індивідуальні проєкти.

Очікувані результати запровадження методики полягають у підвищенні рівнів розвитку фахових компетентностей як підтверджених здатностей здобувачів використовувати хмарні технології в процесі навчальної діяльності та науково-дослідної роботи. Відповідно до трьох етапів дидактичної моделі використання ХОСН виділимо зазначені складники компетентностей.

На етапі використання ХОСН та його складників як засобів для організації освітньої діяльності очікуваними є такі складники фахових компетенцій:

- здатність орієнтуватися в особливостях сучасних хмарних технологій, усвідомлювати їхні функціональні можливості та доцільно використовувати для основних освітніх завдань;

- здатність відрізняти особливості та характерні ознаки «традиційних» сервісів інтернету, хостингу вебресурсів, оренди віртуальних приватних машин та систем хмарних обчислень;
- здатність визначати обґрунтовані шляхи застосування хмарних технологій для організації навчальної та дослідницької діяльності згідно з моделями SaaS, IaaS, PaaS;
- здатність поводитися адекватно й відповідально в хмарному середовищі, демонструючи розуміння і знання правових та етичних аспектів щодо використання хмарних сервісів та і цифрового контенту;
- здатність активно і постійно досліджувати нові сервіси, інтегрувати їх у свою діяльність, усвідомлення ролі хмарних технологій на сучасному етапі розвитку ІТ та системи освіти.

Поряд з цим соціальне замовлення визначає потребу у підготовці вчителя, що володіє компетентностями, необхідними для розгортання та адміністрування ХОСН у закладах освіти різних рівнів. Відповідно в дидактичній моделі передбачено два етапи використання ХОСН. Основним завданням етапу використання академічних хмар як об'єкта вивчення є формування у здобувачів таких складників фахових компетентностей:

- знання основних понять, моделей розгортання та сервісних моделей хмарних технологій, принципів функціонування та технології віртуалізації серверних систем, архітектуру та стандарти засобів розподілених обчислень та особливості програмно-апаратних рішень сучасних центрів обробки даних;
- здатність оцінювати та визначати ефективні рішення щодо розгортання ХОСН на основі аналізу функціональних характеристик хмарних сервісів, та потреб закладів освіти;
- здатність встановлювати, налаштовувати та обслуговувати системне, інструментальне і прикладне програмне забезпечення хмарних платформ згідно з основними сервісними моделями;
- здатність проєктувати та інтегрувати готові хмарні платформи для

удосконалення ІТ-інфраструктури закладу освіти через розгортання гібридної хмари на основі загальнодоступних і відкритих хмарних платформ, що функціонують згідно з моделлю IaaS;

- здатність до практичного використання сервісів та ресурсів загальнодоступних хмарних платформ для розгортання ХОСН;
- здатність до моніторингу, супроводу та аналізу процесу функціонування ХОСН закладу освіти.

При підготовці здобувачів до створення їх власних хмаро орієнтованих систем важливим є формування таких складників предметних компетентностей:

- здатність формулювати вимоги щодо забезпечення якості розроблення програмного забезпечення для його функціонування в складі хмарних сервісів;
- здатність оцінювати та визначати ефективні рішення для розгортання в закладах освіти ХОСН на основі порівняння техніко-економічних властивостей сервісів для хмарних обчислень, а також для рішень на базі систем приватних і гібридних хмар;
- здатність формувати напрями підвищення ефективності використання хмарних технологій під час виконання організаційних, навчальних і наукових завдань та створення на їх основі хмаро орієнтованих освітніх середовищ;
- здатність розробляти програмне забезпечення для закладів освіти в середовищі хмарних обчислень, тестувати й налагоджувати освітні апаратно-програмні засоби і комплекси;
- здатність до проєктної діяльності, роботи в команді для спільного вирішення навчальних та наукових задач.

Крім здатностей щодо використання хмарних технологій, результативний компонент передбачає підвищення рівня розвитку ціннісних складників фахових компетентностей, зокрема ставлення майбутніх учителів інформатики до власної практичної діяльності, самоконтролю, самооцінки, а також розуміння власної ролі в суспільстві.

У наступних параграфах буде більш детально розглянуто зміст, методи та організаційні форми навчальних дисциплін, у яких реалізовано авторську методику використання ХОСН.

4.2. Використання хмаро орієнтованого середовища навчання на бакалаврському рівні підготовки майбутніх учителів інформатики

4.2.1. Методика використання хмарної лабораторії CL-OS в процесі навчання операційної системі Linux

Курс «Операційні системи» був і залишається базовим у підготовці ІТ-фахівців та вчителів інформатики. Відповідні фахові компетентості передбачені багатьма міжнародними та національними стандартами навчання. Незважаючи на те, що цей курс викладають в університетах протягом багатьох років, нині існують проблеми в організації його вивчення. Однією з них є забезпечення доступу до різноманітних операційних систем та організація самостійної роботи студентів [141]. Зазначені проблеми особливо загострилися під час численних локдаунів, запроваджених під час пандемії Covid-19.

Нині дослідники пропонують використовувати технології віртуалізації у викладанні інформатики [290]. Проте віртуалізація сама по собі не завжди забезпечує студентам зручний повсюдний доступ до комп'ютерних ресурсів. Лише методично обґрунтоване використання засобів віртуалізації в складі корпоративних академічних хмар дає можливість зробити ОС як об'єкт вивчення незалежною від обладнання, що є в університеті.

У літературі використовують поняття «віддаленої лабораторії», у якій також використовують технології віртуалізації [215], [417]. Такі лабораторії пропонують спільний доступ до об'єктів навчання, опублікованих на одному комп'ютері кількома студентами.

Вважаємо, що в контексті досліджуваної проблеми більш доцільним є використання визначеного в першому розділі поняття «хмарна лабораторія». Для її створення потрібно є інтеграція навчального контенту та відповідних

складників корпоративних хмар та інших сервісів загальнодоступних хмарних платформ.

Основними перевагами MOOC є можливість навчатись у зручний час, можливість порівнювати стилі викладання та матеріали різних курсів, досвід участі в дискусії, само- та взаємооцінюванні; удосконалення навичок аудіювання, читання та письмової англійської мови, рефлексія власної педагогічної діяльності у світлі нових ідей, цифрова творчість та співпраця з іншими учасниками [401]. Дослідження свідчать, що, з огляду на масштаб і багаторазове використання, зазначені курси є економічно ефективним способом надання вищої освіти та застосовуються світовими ЗВО [371]. MOOC також може бути способом подолання зростаючої різниці у матеріальному забезпеченні здобувачів, що впливає на доступ до вищої освіти. Слід зауважити, що MOOC слід вважати реалізацією концепції хмарних технологій в освіті згідно з моделлю «знання як сервіс».

Проте подання навчального матеріалу та оцінювання досягнень не можна вважати достатнім функціоналом MOOC. На сьогодні такі системи мають забезпечувати адаптивність навчання. Українські дослідники зазначають, що адаптивні хмарні системи навчання є рушійною силою розвитку нової педагогіки, нових стратегій персоналізації освіти та розширення можливостей для активного навчання [64]. Китайські дослідники констатували наявність таких переваг використання хмарних лабораторій перед традиційними: висока ефективність у використанні, розподілі обчислювальних ресурсів, а також зручне, швидке та ефективне управління та обслуговування [366]. Порівняно зі звичайною лабораторією, хмара має власні недоліки та недоліки, такі як труднощі в управлінні та обслуговуванні; оскільки її ресурси є віртуалізованими, та виконуються на апаратних серверах ЗВО або MOOC-платформи. Науковці акцентують увагу на певну «непрозорість» хмарних обчислень що можна розглядати як недолік хмарних лабораторій. Як наслідок, її користувачі відчують, що втрачають контроль над своїми віртуальними машинами,

даними, мережами тощо, що призводить до втрати довіри до ресурсів хмарних провайдерів [406].

Проте самих технологій хмарних обчислень недостатньо для ефективного використання зазначених лабораторій у процесі підготовки майбутніх фахівців. Викладачам потрібно інтегрувати в кожну хмарну лабораторію якісний навчальний контент, додати інструменти для забезпечення індивідуалізації та адаптивності навчання. Швейцарські науковці дослідили концепцію хмарних лабораторій як спільних просторів, які імплементують інші додатки. Вони зазначають, що хмарні лабораторії можуть уможливити впровадження МООС-ів, дозволяючи вчителям або студентам збирати та контролювати використання відкрито доступних навчальних ресурсів [251].

У даний час розроблено й успішно працює багато платформ, що реалізують концепцію МООС. Серед них – визнані світові лідери: EdX, Coursera, Udacity. Використання цих курсів у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики потребує теоретичного розроблення та експериментальної перевірки. Додатковою метою впровадження МООС є такі досягнення, щоб здобувачі стали частиною соціальної, технологічної системи освіти, де вчитель є не найважливішим центром, а вузлом загальної мережі [349].

Щодо вивчення курсу «Операційні системи», то нами було впроваджено як складник хмарної лабораторії CL-OS масовий відкритий онлайн-курс. Позитивний досвід такого підходу наведено в дослідженні [362]. Зазначений підхід було реалізовано для створення віддаленої лабораторії електроніки.

Хмарна лабораторія CL-OS має використовувати користувацький інтерфейс (передусім на базі технології веб), що забезпечує безумовний доступ до об'єкта вивчення, який не залежить від мережної конфігурації ВМ. Проте варто забезпечити, щоб такі об'єкти в хмарних лабораторіях були невід'ємною частиною логічної мережевої інфраструктури з гнучкою архітектурою, яка за своєю структурою та часом відповідає певним особистим потребам здобувача [11]. Відповідно до концепції авторів [305], хмарну лабораторію CL-OS слід розуміти як педагогічний і технічний засіб, що надає «віддалений комп'ютерний

сервіс для моделювання та дослідження роботи ОС. Почасти в дослідженнях використовують термін «хмарне навчальне та дослідницьке середовище», підкреслюючи його належність до навчального закладу та визначаючи його як «середовище, у якому віртуалізовані об'єкти функціонують у цілеспрямовано побудованій інфраструктурі, що реалізує певні процедурні функції» [64], [253]. У цьому сенсі важливим є розуміння та дотримання авторських прав як щодо оригінальних MOOC-курсів, так і щодо ресурсів викладача (університетського курсу), які інтегруються з масовим курсом. На нашу думку, імплементуючи MOOC-и у хмарні лабораторії слід максимально використовувати платформи власника (у нашому випадку NetAcad), розробляючи в них навчальні ресурси, що реалізують специфіку авторського курсу з ООП.

У межах впровадження моделі ХОСН таку імплементацію було виконано для лабораторії з вивчення операційної системи Linux. Загалом курс «Операційні системи», передбачений у ОПП, розрахований на 2 семестри. У першому студенти вивчають ОС Windows, а в другому – Linux.

Метою навчальної дисципліни «Операційні системи» є формування навичок роботи з різними операційними системами та відповідним системним програмним забезпеченням. Протягом вивчення курсу студенти вивчають різні типи операційних систем, правила роботи з ними, а також відповідне програмне забезпечення. Основними завданнями вивчення дисципліни «Операційні системи» є формування компетентностей використання та супроводу сучасних операційних. Як результат вивчення дисципліни в ОПП ТНПУ імені Володимира Гнатюка [100] передбачено розвиток таких загальних компетентностей:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу науково-технічної, природничо-наукової та загальнонаукової інформації;
- знання й розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- здатність виконувати літературний пошук джерел, які мають відношення до професійної діяльності, здатність їх критично оцінювати, базуючись на фахових знаннях;

- здатність формулювати, аналізувати та синтезувати розв’язання наукових проблем на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо в їх більш та менш важливих аспектах.
- здатність застосовувати методології, технології та інструментальні засоби для управління процесами життєвого циклу інформаційних і програмних систем, продуктів і сервісів інформаційних технологій відповідно до вимог освітнього процесу;
- здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.

Оскільки MOOC є потужним інструментом для підвищення ефективності дистанційного, змішаного та очного навчання [216], [295], [188], то для розгортання хмарної лабораторії CL-OS було адаптовано курс NDG Linux Essentials від мережної академії Cisco [324]. Його викладання не вимагає попередньої підготовки та акредитації викладача. Тим не менш, ми завершили та отримали сертифікацію з цього курсу, перш ніж запропонувати його студентам. Враховуючи результати дослідження [188], для імплементації MOOC у лабораторію було виконано:

- опрацьовано зміст курсу з метою забезпечення раціонального навантаження та формування визначених у силабусі дисципліни компетентностей здобувачів (Додаток Б).
- результати навчання було враховано в такий спосіб, щоб поєднати онлайн- і офлайн-навчання, а також розгорнути хмарну лабораторію, яка забезпечує досягнення цих результатів.
- на основі аналізу змісту обумовлено, що повне завершення MOOC-курсу NDG Linux Essentials та отримання сертифікату не було обов’язковим.

Станом на 2022 рік курс на платформі NetAcad доступний лише англійською мовою. На нашу думку, цей факт має більше позитивних, ніж негативних

наслідків. Тому під час впровадження хмарної лабораторії CL-OS в курс було обговорено та погоджено зі студентами такі положення:

- дозволено використання додатків (плагінів) для перекладу курсу;
- студенти мають вивчати поняття та концепції функціонування ОС Linux обома мовами (українською та англійською);
- додаткові завдання викладач пропонує англійською мовою, але вони обговорюються рідною мовою учнів (українською);
- спілкування з викладачем відбувається мовою, яку обирає студент. Цей факт не впливає на оцінку.

Як було зазначено вище, можлива локалізація та адаптація змісту цього курсу у системі управління навчанням університету. Однак ми не використовували цей метод, оскільки він порушує авторські права розробників. Варто зауважити, що у цьому випадку студенти не можуть отримати сертифікат про проходження курсу.

Перелічимо основні теми та їх завдання з курсу «NDG Linux Essentials», які було запропоновано для вивчення студентам:

1. Операційні системи: еволюція ОС Linux та популярні операційні системи. Вибір операційної системи. Основні навички, необхідні для роботи в ОС Linux.
2. Ідеологія вільного програмного забезпечення: відкритий код та його ліцензування. Фонд вільного програмного забезпечення (FSF – Free Software Foundation).
3. Навички роботи в інтерфейсі командного рядка: середовище роботи користувача, синтаксис командного рядка, використання змінних.
4. Отримання довідки: інформаційні та довідкові сторінки.
5. Навігація файловою системою: файли, каталоги. Приховані файли та каталоги. Домашні каталоги. Абсолютний і відносний шляхи.
6. Керування файлами та каталогами: чутливість ОС до регістру, простий «глоббінг».
7. Архівація та стиснення: використання архіваторів tar, gzip, bzip2, zip.

8. Робота з текстом: канали командного рядка, перенаправлення введення / виведення. Основні регулярні вирази.
9. Основні сценарії: базові сценарії оболонки. Робота з поширеними текстовими редакторами.
- 10.Збереження даних: програми та їх конфігурування, процеси. Адреси пам'яті. Системні повідомлення, журнали подій.

Ми не пропонували студентам до вивчення такі модулі курсу NDG Linux Essentials, як конфігурація мережі, безпека системи та користувачів, створення користувачів і груп, права власності та дозволи. Їх зміст надається для вивчення в інших курсах. Однак зміст цих модулів присутній у підсумковому іспиті. Як наслідок, у студентів виникає проблема з отриманням сертифіката про проходження цього курсу. Для її розв'язання ми запропонували здобувачам пройти цей тест пізніше або, за бажанням, опрацювати відповідний матеріал самостійно. Натомість оригінальний MOOC-курс NDG не передбачає вивчення графічного інтерфейсу користувача. Можливо, це пов'язано з великою кількістю його реалізацій. Проте ми додали відповідний модуль і попросили студентів провести порівняльний аналіз кількох GUI для Linux.

Щодо організаційних форм, то під час навчання ми, майже, не практикуємо читання «класичних» лекцій, замінюючи їх спілкуванням зі студентами в межах «мінілекцій». Зазначену форму використовують незалежно від того, провадиться навчання в аудиторії чи онлайн. На цих мінілекціях викладач з'ясовує основні поняття модуля, а також повторює, систематизує та встановлює смислові зв'язки з поняттями, які студенти засвоїли раніше. Наприклад, у модулі «Операційні системи» систематизуються основні поняття, засвоєні при вивченні ОС Windows, зокрема операційна система, її функції та компоненти. У межах теми «Збереження даних» на мінілекціях систематизувалися поняття процесів, потоків, багатозадачних стратегій планування, технологій управління оперативною пам'яттю.

Концепція хмарної лабораторії як засобу навчання відповідає сучасній парадигмі хмарних обчислень. Вона забезпечує повний доступ на вимогу для

студентів і викладачів до спільного пулу налаштованих обчислювальних ресурсів. Врахувавши результати досліджень [380] та [404], ми пропонуємо реалізувати таку архітектуру лабораторії CL-OS (див. рис. 4.1.1).



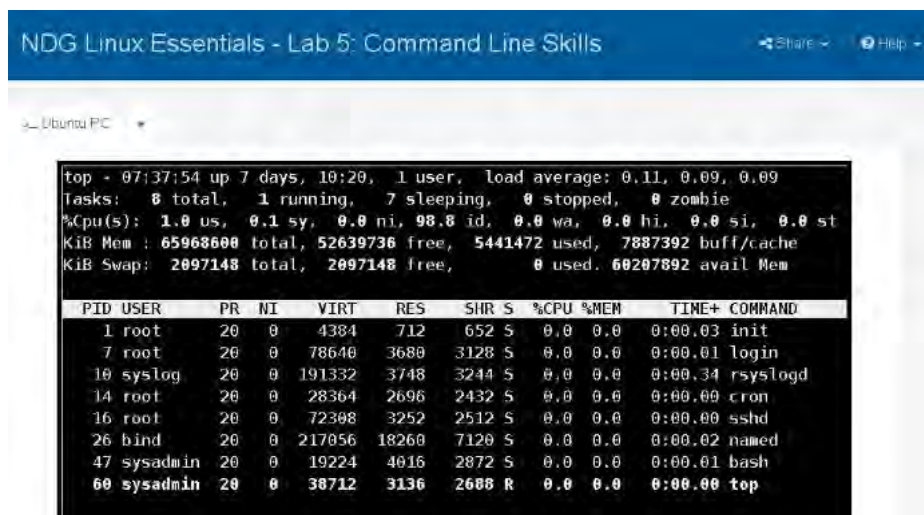
Рис. 4.1.1. Архітектура хмарної лабораторії CL-OS

Архітектуру подано у вигляді 4-шарової структури. Інфраструктура, додатки, доступ, рівні користувача реалізують технічні та освітні вимоги до хмарної лабораторії. Запропонована архітектура відповідає сервісній моделі ХОСН, вона повністю автоматизована, недорога та масштабована за дизайном. Інтеграція хмарних платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE забезпечує одночасну роботу студентів з VM на базі ОС Linux від 50 до 100 студентів. Максимальна кількість віртуальних машин досягається у випадку роботи віртуальних машин у режимі командного рядка. Якщо здобувачам потрібно працювати з графічним інтерфейсом, кількість VM буде приблизно в 2 рази меншою.

Оскільки лабораторія CL-OS містить хмарні платформи, що функціонують за моделлю «інфраструктура як сервіс», то вона дає змогу викладачам і студентам мати уніфікований доступ до VM як з локальної мереж університету так і через інтернет, використовуючи технологію віртуальних приватних мереж.

Кожна тема курсу містить теоретичний матеріал, що, своєю чергою, має вступ, цілі навчання та основні терміни. Матеріал модуля структурований у невеликі блоки, що дозволяє підвищити якість засвоєння матеріалу.

До лабораторних робіт входять завдання та «пісочниця» (sandbox). Це командний термінал віртуальної машини з ОС Ubuntu Linux. У ньому, а також у корпоративній хмарі студенти виконують завдання лабораторної роботи (див. рис. 4.1.2).



```
NDG Linux Essentials - Lab 5: Command Line Skills
Share Help
Ubuntu PC
top - 07:37:54 up 7 days, 10:20, 1 user, load average: 0.11, 0.09, 0.09
Tasks: 8 total, 1 running, 7 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 1.0 us, 0.1 sy, 0.0 ni, 98.8 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
KiB Mem : 65968608 total, 52639736 free, 5441472 used, 7887392 buff/cache
KiB Swap: 2097148 total, 2097148 free, 0 used. 60207892 avail Mem

  PID USER      PR  NI   VIRT   RES   SHR  S  %CPU  %MEM     TIME+ COMMAND
    1 root        20   0   4384    712    652  S   0.0   0.0   0:00.03 init
    7 root        20   0  78640   3680   3128  S   0.0   0.0   0:00.01 login
   10 syslog     20   0 191332   3748   3244  S   0.0   0.0   0:00.34 rsyslogd
   14 root        20   0  28364   2696   2432  S   0.0   0.0   0:00.00 cron
   16 root        20   0   72308   3252   2512  S   0.0   0.0   0:00.00 sshd
   26 bind       20   0 217056  18260   7120  S   0.0   0.0   0:00.02 named
   47 sysadmin   20   0  19224   4016   2872  S   0.0   0.0   0:00.01 bash
   60 sysadmin   20   0   30712   3136   2688  R   0.0   0.0   0:00.00 top
```

Рис. 4.1.2. ВМ «пісочниця» з інтерфейсом командного рядка

Імплементуючи курс NDG Linux Essentials у хмарну лабораторію, ми доповнили його власними авторськими завданнями. Це було зроблено через те, що лабораторні роботи в оригінальному MOOC-курсі не містять завдань для самостійної роботи. Ми намагалися зробити ці завдання різними за складністю, розділивши їх на перший, другий і третій рівні. Авторські завдання обираються випадковим чином із банку. Для забезпечення виконання кожним студентом власного трирівневого блоку завдань їх кількість має бути достатньою (у нашому випадку близько 200). Ми проаналізували можливості LMS MOODLE, на основі якої наразі побудовано більшість курсів мережної академія Cisco. Продуктивним способом розв'язання проблеми організації самостійної роботи студентів є використання плагіна LMS MOODLE «випадкове завдання». Однак поки він недоступний на платформі NetAcad. Тому було прийнято рішення використати стандартний модуль «тест». Вибір цього модуля базувався на аналізі деяких досліджень і власного досвіду. Зокрема, китайський дослідник Бінг Ву виявив,

що на онлайн-спілкування як форму перевірки самостійності виконання завдань слухачами MOOC впливають прогрес у вивченні курсу (як вияв навчальних здібностей), кількість і тривалість публікацій (як навчальна та соціальна активність) активність у засобах організації діяльності (завдання, тести, дискусійні форуми тощо) [425].

Отже, завдання лабораторних робіт було розподілено за рівнями складності та оформлені як есе (рис. 4.1.3).



The image shows a screenshot of a quiz interface titled "Linux Essentials TNPU 2021". It contains three questions, each presented as an essay prompt. Each question has a sidebar on the left with status information and a "Flag question" button. The questions are:

- Question 1:** "Create a script to display registered users and the current date." (Marked out of 1.00)
- Question 2:** "Create a script to move the file to the specified directory. Provide options for entering a file name to copy as command line arguments." (Marked out of 2.00)
- Question 3:** "Create a shell script that allows you to perform the following operations on the specified file: copy, delete, display the contents of the file on the console. You need to check if the file and directory exist." (Marked out of 3.00)

Рис. 4.1.3. Приклад завдання типу «есе» в хмарній лабораторії CL-OS

Така система завдань вимагає особистої перевірки викладачем усіх студентських робіт та відповідно чималих трудозатрат у його діяльності. Зокрема, керівникові курсу доводиться переглядати кожне есе зокрема та індивідуально спілкуватися з його автором. Ми вважаємо, що запропонований підхід є особливо актуальним під час дистанційного навчання.

Для організації навчання згідно з комбінованим підходом використовуються хмарні сервіси Gmail, Calendar, Google Диск, Google Meet із загальнодоступної платформи Google Workspace. Звичною практикою слід вважати відеозапис та публікування для студентів усіх лабораторних занять. Оцінювання результатів навчання здійснювалось шляхом особистого безпосереднього спілкування викладача та студента або у випадку навчання в

режимі онлайн використання окремої «кімнати» (зібрання) у сервісі Google Meet. Для з'ясування рівня володіння теоретичним матеріалом пропонується використовувати оригінальні тестові завдання з тем курсу.

Проаналізуємо можливості використання платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE у хмарній лабораторії CL-OS.

Доступ до мережі. Незважаючи на те, що доступ у веббраузері оригінального MOOC-курсу є уніфікованим і відповідає ідеології хмарних обчислень, усе ж працювати з ним недостатньо зручно. Наприклад, студенти часто мають проблеми з копіюванням і вставленням команд. Тому ми попередньо налаштували шаблони віртуальних машин для роботи з двома загальноприйнятими протоколами SSH і VNC. Перший з них забезпечує можливість роботи в терміналі для виконання команд, а другий забезпечує віддалений доступ до графічного інтерфейсу KDE, GNOME, Unity.

З метою забезпечення безпеки передачі даних у тунелях VPN, ми налаштували основний та резервний L2TP-сервери. Вони забезпечують інтеграцію з Active Directory через Radius-сервер.

Багатокористувацький режим. Вбудована «пісочниця» не забезпечує користувачеві роботу з кількома терміналами. Це не дозволяє студенту повністю зрозуміти, що Linux є багатокористувацькою та багатозадачною ОС. Наприклад, під час виконання лабораторної роботи з теми «Збереження даних» у студентів виникають проблеми з виконанням таких завдань, як переведення процесів у фоновий режим, пошук і зміна пріоритету процесу, примусове завершення процесу.

Порівняння роботи Linux у Sandbox і Apache Cloudstack є важливим у розумінні студентами принципів функціонування ОС Linux та формуванні навичок роботи в різних її дистрибутивах. Наприклад, досліджуючи батьківські процеси в різних дистрибутивах ОС Linux (тема «Збереження даних»), студенти знаходять назву першого батьківського процесу, використовуючи принаймні дві різні команди (ps, top тощо), а також аналізуючи вміст каталогу /proc/1/.

Виконавши зазначене завдання в пісочниці та VM Linux, вони мають можливість порівняти отримані результати.

Дослідження засобів віртуалізації в лабораторії CL-OS (тема «Апаратне забезпечення комп'ютера»). Студенти отримують списки назв платформи віртуалізації у їх VM ОС Linux. Для цього можна використати команду `systemd-detect-virt`. Альтернативними способами дослідження є команди `dmidecode` або `lshw`. Студенти мають можливість порівняти результати з різних середовищ Linux і заповнити відповідну таблицю.

Тривале зберігання даних. Вбудована пісочниця не дозволяє зберігати дані. Це створює значні незручності для учнів. Наприклад, у роботі щодо розроблення скриптів студенти втрачають код у випадку вимкнення або перезавантаження VM з пісочниці. Як наслідок, їм потрібно постійно копіювати та зберігати на локальних комп'ютерах код кожного скрипта.

Графічний інтерфейс і різні дистрибутиви. Хоча Linux має багато графічних інтерфейсів, вважаємо за доцільне розвивати навички роботи з цими інтерфейсами незалежно від дистрибутиву чи версії ОС Linux. Як наслідок, у корпоративних хмарах було створено кілька шаблонів ОС із графічними інтерфейсами KDE, Gnome, Unity. Викладач завжди має змогу запропонувати студентам обрати певні графічні інтерфейси та виконувати в них одні й ті ж завдання.

Взаємодія та спільна діяльність учасників освітнього процесу. У нашій реалізації хмарної лабораторії кілька студентів можуть працювати з тією самою віртуальною машиною одночасно. Це можливо завдяки інтеграцію корпоративних хмар у IT-інфраструктуру університету та функціонуванню сервісу віртуальних приватних мереж.

На жаль, не вдалося налаштувати єдину систему автентифікації користувачів із сайтом мережної академії Cisco, що могло б забезпечити уніфікований інтерфейс хмарної лабораторії, зокрема інтегрувати інтерфейс ОС із Apache Cloudstack безпосередньо на сторінки курсу NDG Linux Essentials.

4.2.2. Методика використання ХОСН для організації групової та проєктної діяльності

В усі часи затребуваними були і залишаються такі якості фахівця, як здатність швидко адаптуватися до зміни умов, критичне мислення, можливість генерувати ідеї та приймати нестандартні рішення. Проте сьогодні, в епоху цифрового суспільства, коли важливу роль відіграють інформаційні процеси, життя вимагає від фахівців нових навичок. Найважливішими з них є вміння шукати й осмислювати інформацію, застосовувати її для розвитку своєї особистості та самовдосконалення. Окрім того, майбутній фахівець має добре орієнтуватися в інформаційних технологіях і вміти обирати для виконання різних завдань ті з них, що дають змогу робити все швидко та ефективно.

Важливим складником навчання в університеті здобувачів освіти спеціальності «014.09 Середня освіта. (Інформатика)» є їх практична підготовка. Як показує аналіз освітньо-професійних програм другого рівня вищої освіти серед інших вона передбачає проходження студентами виробничих (комп'ютерних) практик. Зазначена форма організації навчання має на меті розвиток фахових (спеціальних) компетентностей і передбачає самостійну та групову роботу студентів. Зазвичай комп'ютерні практики організують для удосконалення навичок програмування, конфігурування комп'ютерних систем, моделювання тощо. Комп'ютерні практики мають бути логічним продовженням навчальних курсів, їх тематика має відповідати змісту дисциплін.

В освітньо-професійній програмі [100], у межах якої реалізуються авторські методики, комп'ютерна практика студентів є повноцінним складником навчального процесу і здійснюється з метою закріплення теоретичних знань, здобутих протягом вивчення дисциплін «Операційні системи», «Архітектура комп'ютерів», «Програмне забезпечення комп'ютерних систем», а також для набуття студентами досвіду самостійної роботи та вмінь і розв'язання проблем функціонування операційних систем. Вона покликана готувати майбутніх фахівців до реальної практичної роботи, забезпечити належний рівень їхньої професійної підготовки. З огляду на те, що складники авторської методики

використання ХОСН було впроваджено в першому зі згаданих курсів, ми вдосконалили та поширили її на зазначену комп'ютерну практику також.

У межах проведення практики було визначено як базовий проєктний метод навчання. Проєкт – це завдання або проблема, що зазвичай залучає групу студентів і доповнює традиційне навчання в аудиторії. Поняття «проєкт» охоплює різні види діяльності, які характеризуються низкою спільних рис:

- спрямованість на досягнення конкретних цілей, певних результатів;
- координація взаємопов'язаних дій;
- обмежений хронометраж із чітко визначеним початком і кінцем.

Проєктну роботу спрямовано на формування професійних кваліфікацій та навичок, розвиток навичок навчання та потреби в безперервному навчанні, а також практичне застосування отриманих знань.

Виконання завдань практики в кожній академічній групі відбувається під керівництвом викладача, що здійснює:

- розподіл студентів за групами та робочими місцями;
- надає систематичну допомогу студентам у виконанні програми практики;
- контролює виконання винесених на практику завдань та складання звіту;
- на завершальному етапі практики оцінює роботу кожного студента групи, перевіряє всі подані студентом документи та виконані завдання.

Від кафедри, що здійснює підготовку здобувачів згідно з ОПП, призначають загального керівника практики. Він є особою, відповідальною за навчально-методичне керівництво практикою. Керівник практики від кафедри здійснює:

- інформування про терміни практики;
- ознайомлення з програмою, метою та завданнями практики (зазвичай на настановчому занятті);
- проведення інструктажу про загальні положення техніки безпеки;
- доведення до студентів вимог щодо написання і складання звіту про практику.

Метою комп'ютерної практики є удосконалення фахових компетентностей, зокрема формування професійних умінь та навичок використання хмарних технологій для розв'язання практично значущих задач, виховання потреби систематичного поповнення знань, вмінь творчо застосовувати їх через проєктну діяльність. Проєкт передбачає виконання кількох комплексних практичних завдань. Працюючи в групах, студенти виконують одні й ті ж завдання.

Ідея використання проєктного методу полягає в тому, що в процесі групової роботи можна створити умови, сприятливі для підвищення мотивації студентів. Однак взаємодія учасників групи не гарантує формування бажаного комплексу навчальних мотивів.

Дослідники виділяють три можливі рівні стосунків залежно від типу взаємозалежності студентів у групі: слабкий, середній і сильний [307]. Слабка взаємозалежність характерна для групи, де найбільш підготовлений член може виконати всю роботу й отримати високий бал без допомоги інших членів групи. Зазвичай у таких випадках учасники групи не бажають співпрацювати. У атмосфері сильної взаємозалежності група об'єднується спільною метою та демонструє високу участь усіх членів групи. Спільна діяльність зближує учасників і спонукає їх до співпраці, тому жоден член групи не залишається осторонь. Дослідження, здійснене шляхом співпраці, видається більш логічним, обґрунтованим і валідним, його результати зазвичай краще обґрунтовані та підкріплені ретельною аргументацією. Спільна робота стимулює творчість і заохочує членів групи мислити нестандартно.

Групова робота в проєкті іноді може призводити до випадків негативної взаємозалежності, що, своєю чергою, сприяє конкурентоспроможності студентів [279]. Конкуренція є невід'ємною частиною повсякденного життя, і майбутні фахівці мають до неї пристосовуватися. Авторський досвід свідчить, що в студентів виникають проблеми під час групової роботи, якщо їм бракує навичок міжособистісного спілкування, особистої відповідальності та бажання досягти спільної мети. Іноді можна було спостерігати ситуацію, коли окремі студенти виконують більшу частину роботи, а інші просто очікують на результат. Тому під

час оцінювання проєкту слід враховувати як внесок кожного члена групи, так і колективні результати.

Робота в групах дає студентам низку переваг. Зазвичай вони менше відволікаються й залишаються зосередженими на поставленому завданні довше, ніж ті, хто навчається індивідуально. Студенти мають більш позитивне ставлення до тем, які вони вивчають, працюючи разом, а не в індивідуальному чи в змагальному режимі. Вони більше прагнуть переглядати, розширювати знання та формують позитивне ставлення до предмета та всього навчального процесу.

Виконуючи завдання практики, що реалізує окремі компоненти авторської методики використання ХОСН, студенти створюють електронні портфоліо, які можуть слугувати інструментом для вимірювання результативності та якості їх діяльності [317].

У основі методики організації групової роботи лежать положення:

- студенти орієнтовані на спільну мету, що є додатковим джерелом мотивації;
- відповідальність усіх учасників групи за досягнення однокласників і всієї групи;
- у разі успіху одного всі стають переможцями; коли один зазнає невдачі, усі програють;
- успішне виконання завдань потребує взаємодопомоги та підтримки;
- командна робота потребує розвитку в студентів довіри, турботи, доброзичливості в стосунках.

Робота над проєктами у межах команд допоможе студентам набути навичок спільної роботи, зокрема спілкуватися з людьми, працювати в складі та на чолі команди; чітко формулювати завдання для себе та своїх товаришів, виконувати завдання у визначений термін. Ці вміння знадобляться їм під час подальшого навчання та у майбутній професійній діяльності.

У результаті позитивної взаємозалежності члени команди розвивають навички, необхідні для ефективної співпраці. Очікується, що кожен член групи

використовуватиме ці навички під час спільної роботи. Зосередженість на навчальних завданнях, техніках їх виконання та способах співпраці сприяє набуттю навичок, необхідних для взаємодії. У межах проєкту група систематично переглядає свої результати діяльності, таким чином забезпечуючи постійний прогрес, покращуючи якість своєї роботи, сприяючи розвитку їхніх навичок співпраці та успішному досягненню цілей навчання. Ефективна співпраця всіх учасників групи переростає в повноцінну співпрацю. Існує достатня кількість експериментальних доказів того, що такі групи можуть впоратися із завданнями, які не під силу окремим учасникам. Для забезпечення ефективної роботи команд нами використовувалися такі педагогічні підходи та прийоми:

- партнерство учасників групи;
- розвиток навичок роботи в групі;
- неоднорідне групування;
- комбіноване використання індивідуального та взаємооцінювання;
- контроль викладачем за роботою студентів;
- орієнтація на завдання та навички роботи в групі;
- можливість кожного учасника бути лідером;
- обов'язковий зворотний зв'язок.

Під час виконання проєктом у межах комп'ютерної практики студентам було запропоновано розподілити обов'язки, узявши на себе конкретні ролі (таблиця 4.2.1).

Таблиця 4.2.1. Функціональні ролі членів групи

| Умовна назва ролі | Перелік повноважень та обов'язків | Характерні риси особистості та позитивні якості |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лідер | Визначає стратегію діяльності команди. Уміє виявити сильні і слабкі сторони команди і забезпечити найбільше застосування потенціалу кожного учасника. | Здатний, упевнений у собі, з розвиненим самовладанням. Здатний ставитися до всіх пропозицій відповідно до їх об'єктивної цінності без упередженої думки. Розвинуте прагнення до досягнення мети. |

| | | |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Творець | Висуває нові ідеї та стратегії, приділяючи особливу увагу головним проблемам. Намагається впроваджувати в команді нестандартні та шукати нові вирішення технічних завдань. | Індивідуаліст з аналітичним складом розуму. Розвинені інтелект і уява, значні знання, обдарованість. |
| Рецензент | Аналізує проблеми з прагматичної точки зору, оцінює ідеї та пропозиції так, щоб команда могла прийняти збалансовані рішення. | Толерантність, мала емоційність, обачність, розсудливість. Здоровий розум, практичність, наполегливість. |
| Впроваджувач | Реалізує ідеї в на практиці. Реально оцінює потенціал щодо впровадження кожної ідеї. | Реаліст, добре обізнаний з практичною стороною роботи. Дисциплінованість, системність, організованість, |
| Верифікатор | Підтримує в команді наполегливість у досягненні мети, Намагається позбавити команду від помилок, пов'язаних як з діяльністю, так і з бездіяльністю. | старанність, систематичність у роботі. Здатність доводити справу до результату, педантичність, вимогливість. |
| Фасилітатор | Створює злагодженість роботи в команді. Підтримує силу духу в учасниках проекту, надає їм допомогу у важких ситуаціях, намагається поліпшити взаємовідносини між ними і загалом сприяє підняттю командного настрою. | Добрий, чутливий, орієнтований на спілкування з людьми. З готовністю відповідає на потреби людей і вимоги ситуації, створює атмосферу дружньої роботи. |

У багатьох випадках вищезазначені ролі є відносними. Тому в процесі реалізації проекту учасники можуть змінювати свої функції. Проте вони допомагають членам груп зосередитися на технічних і соціальних складниках діяльності. Наведемо кілька прикладів:

- елементи, пов'язані зі змістом завдань, необхідні для ефективного розподілу роботи між членами команди (наприклад, творець висуває нові ідеї та стратегії, впроваджувач оцінює показники «за» і «проти» певного способи, верифікатор прагне усунути помилки);
- соціальні елементи допомагають членам команди будувати ефективні робочі стосунки (промоутер керує співпрацею членів групи, лідер керує шляхом досягнення групою успіху, фасилітатор координує роботу та підтримує моральний дух учасників групи).

Для розвитку у майбутніх учителів фахових компетентностей у процесі проходження комп'ютерної практики доцільним є розгортання як складника ХОСН хмарної лабораторії CL-PRACT. Передовсім до неї мають входити сервіси загальнодоступних хмарних платформ. З метою більш ефективного формування

розумінь принципів функціонування цифрових, зокрема і хмарних технологій, ми намагалися дотримуватися вивчення хоча б двох аналогічних платформ чи систем. У випадку курсу «Операційні системи» це були ОС Windows та Linux. Як наслідок, у процесі організації комп'ютерної практики було застосовано сервіси загальнодоступної платформи Microsoft 365. Використовуючи її можливості, студенти здійснювали:

- обговорення навчальних питань у межах відкритих і закритих груп;
- планування та координування групової роботи;
- створення та редагування навчальних матеріалів у формі цифрового портфоліо (схеми, звіти, брошури, листівки, інфографіку);
- надання доступу до файлів;
- публікування та розповсюдження відеороликів, що демонструють процедури розв'язання проблем;
- надання відгуків.

Робота над темою проекту вимагає утворення команд у складі чотирьох студентів, обговорення завдань практики, формулювання проблем та можливих шляхів їх розв'язання. Надалі студенти мають здійснити розподіл ролей між усіма учасниками команди та визначення напрямів дослідження для кожного з них.

Щодо практичних завдань, то, використовуючи віртуальні машини хмарної лабораторії CL-PRACT, студенти вирішували реальні практичні завдання, з якими зазвичай стикаються ІТ-фахівці:

- відновлення видалених даних;
- міграції операційних систем на інші апаратні платформи;
- оптимізації продуктивності віртуальних і реальних комп'ютерів;
- відновлення роботи операційних систем після виникнення помилок типу BDOS;
- видалення вірусів.

Для забезпечення функціонування зазначених ВМ у хмарній платформі Apache Cloudstack було підготовлено 5 шаблонів, які відповідали кожній зі

згаданих вище проблем. Кожен студент міг розгорнути одну або кілька віртуальних машин, які містили відповідні помилки. Якщо студенти виконували завдання неправильно, то вони мали можливість повернути свою віртуальну машину до початкового стану.

На першому (організаційному) етапі дослідження здобувачам пропонувались такі завдання:

1. Авторизація та ознайомлення з сервісами хмарної платформи Microsoft 365.
2. Ознайомлення з поняттям «Хмарні технології» у посібниках провідних українських та зарубіжних науковців (ресурси опубліковані на сервісі OneDrive).
3. Перегляд власної поштової скриньки. Ознайомтеся з можливостями поштового сервісу Outlook. Завдяки його інтеграції з сервісом Gmail студенти побачать копії всіх вхідних листів.
4. Створення команди за допомогою сервісу Teams, долучення до неї викладача. Створення завдань та їх інтеграція з календарем команди.
5. За допомогою сервісу Excel розроблення алгоритму розв'язання практичних проблем. Він має містити часу та відповідальних за всі етапи дослідження.
6. Створення календаря групи із занесенням ключових етапів дослідження. Налаштування нагадування для отримання нагадувань про настання події.
7. Створення на диску OneDrive папок для групових та індивідуальних цифрових портфоліо; надання доступів учасникам приватної групи та викладачеві.

На пошуковому етапі проекту студенти здійснюють пошук інформації відповідно до обраних в команді напрямів дослідження. Знайдені дані мають відображати як думку науковців, так і бачення розв'язання проблеми фахівцями у галузі IT-технологій. Для цього здобувачі критично аналізують та оцінюють ресурси наукового та соціального спрямування (форуми, блоги, соціальні мережі).

За допомогою сервісу Word Online вони редагують спільну таблицю посилань на ресурси мережі інтернет відповідно до обраного напрямку

дослідження. Використовуючи знайдені матеріали, у додатку Word Online здобувачі створюють документ «Referat», який містить основні відомості щодо обраного напрямку досліджень та шляхи розв'язання проблеми.

На практичному етапі дослідження студенти аналізують знайдені шляхи розв'язання практичних проблем. Вони обирають найкращий шлях та уточнюють алгоритм практичного розв'язання проблеми у створеному документі Excel Online. Надалі здійснюється втілення рішень на віртуальних комп'ютерах корпоративної хмари. Для забезпечення спільної роботи в хмарній лабораторії було створено віртуальні машини зі спільним доступом для кількох студентів команди. Платформа Apache Cloudstack для цього пропонує так звані проекти. У випадку використання платформи Proxmox VE варто надати доступ кільком здобувачам, як це було описано в параграфі 2.5.

У процесі розв'язання кожної проблемної ситуації доцільно мотивувати студентів фіксувати важливі моменти роботи засобами фото та відео. Викладач пропонує на цьому етапі студентам, що виконують функції рецензента та верифікатора, критично оцінити знайдену інформацію. Рефлексію власної діяльності студенти виконують засобами блогів, наприклад за допомогою сервісу Blogger. Вони коротко занотовують основні події кожного дня практики та враження від нього.

На етапі втілення рішень студенти перевіряють на практиці правильність обраного ними алгоритму та усувають проблемні ситуації, змодельовані на їхніх віртуальних комп'ютерах. Наприклад, для підтвердження оптимізації роботи ОС засобами сервісу Excel Online створюють порівняльну таблицю параметрів швидкодії та продуктивності VM до та після проведених заходів. Для цього їм пропонується використати синтетичні тести та реальні задачі з лабораторних робіт з курсу «Архітектура комп'ютерів». Відповідні засоби також долучено до шаблонів VM у корпоративній хмарі.

На етапі аналізу учасники проекту (першочергово верифікатор) визначають ступінь відповідності алгоритму розв'язання проблеми реальним діям. На цій основі вони розробляють новий (уточнений) варіант алгоритму з урахуванням

результатів практичної роботи. У рефераті, що створюється засобами сервісу Word-online, здобувачами стисло описуються результати, яких було досягнуто на практиці. Реферат має містити матеріали (текст, рисунки, таблиці, організаційні діаграми, карти знань, фото тощо) та повністю розкривати обраний членом команди напрям дослідження. Надалі, використовуючи версію MS Word для комп'ютера, учасники проєкту структурують текст реферату (зміст, основний текст (розділи, пункти), схеми, рисунки, висновки, список використаних джерел, анотація, ключові слова) відповідно до запропонованих їм вимог написання та оформлення науково-дослідницьких робіт. Реферат має містити кілька розділів, у яких подаються теоретичні основи напряму дослідження, пропозиції щодо практичного розв'язання проблеми та власний досвід вирішення проблемної ситуації. В окремому розділі студентам варто пропонувати описати труднощі, з якими їм довелося на практиці, виконати короткий аналіз шляхів розв'язання проблеми, визначити, яке з рішень привело до успіху, надати конкретні рекомендації). Алгоритм форматування багатосторінкових документів розміщено у файлах загальнодоступної команди сервісу Teams хмарної лабораторії CL-ПРАСТ. Функцію рецензента виконують усі учасники команди. Для цього студенти розміщують власні реферати у відповідному сховищі сервісу Teams або надають колезі доступ для редагування документу. Рецензування стосується як змісту, так і оформлення реферату. Здобувачі надають пропозиції щодо покращення рецензованої роботи у вигляді коментарів та приміток.

На основі знайденої інформації з напрямку дослідження студенти розробляють науково-популярну брошуру, де простою та доступною мовою викладають усі аспекти розв'язання проблеми (опис проблеми, симптоми, шляхи вирішення, практичні рекомендації та поради).

На етапі підготовки до презентування результатів проєкту методика передбачає виконання студентами таких дій:

1. Коментування повідомлення в блогах усіх учасників інших груп, що досліджували таку ж проблему.
2. Створення відеоролика.

3. Ознайомлення з можливостями хмарних сервісів YouTube та Prezi Video щодо редагування відео. Короткий відеоролик на тему «Моя перша комп'ютерна практика» має містити назву кліпу, фото з практики, підписи до фото, накладені ефекти до фото та переходу, звуковий супровід, фрагмент відео, титри.
4. Обговорення та підготовка сценарію публічного захисту проєкту (визначення теми, проблему проєкту і шляхи її вирішення, які слід донести до слухачів у процесі публічного виступу, зокрема матеріал, який слід подати аудиторії результати роботи команди над проєктом (поліграфічна продукція, фотовиставка, слайд-шоу, фільм тощо).
5. Створення презентації виступу команди на публічному захисті. Для цього студентам пропонується використати хмарні сервіси PowerPoint Online або Sway, а також або Презентації Google.
6. Підготовка звіту з комп'ютерної практики. У Word Online кожен учасник комп'ютерної практики створює документ, у якому відображено поставлені цілі комп'ютерної практики; суть практичних завдань і методи їх вирішення:
 - засоби, які були використані для розв'язання проблем;
 - одержані результати, з обов'язковим зазначенням URL-адрес власних ресурсів (блогу, альбомів, онлайн-документів, YouTube-відео тощо);
 - сформовані або вдосконалені навички з фахових дисциплін;
 - враження та пропозиції від комп'ютерної практики

Завершальним етапом реалізації проєкту є презентування його результатів, під час якого учасники публікують власні матеріали практики (реферат, брошуру, буклет, колаж, інфографіку та презентацію) в електронній бібліотеці факультету, завершують оформлення електронних портфоліо.

Керівникам практики слід організувати виступ команд і провести публічний захист проєкту. Безпосередньо під час захисту варто заохочувати студентів брати активну участь в обговоренні проєктів інших команд.

4.2.3. Використання хмарних лабораторій за методикою комбінованого навчання комп'ютерних мереж

Розвиток хмарних технологій помітно впливає як на цілі, так і на зміст освіти. Зважаючи на це, дослідники постійно здійснюють пошук нових і вдосконалення наявних методик навчання. Одним із нагальних завдань сьогодення є гармонійне поєднання переваг офлайн- та онлайн-навчання. У цьому контексті роль методики використання хмаро орієнтованих середовищ полягає в системній реалізації принципів змішаного навчання, діяльнісного підходу, у забезпеченні практично-орієнтованого навчання, заснованого на поєднанні індивідуального підходу та співпраці здобувачів освіти. Зокрема, українські дослідники О. Пінчук, С. Литвинова та О. Буров доходять висновку, що ефективне навчальне середовище має бути імерсивним, забезпечуючи для студента ефект «занурення» [112]. Г. Кравцов і В. Кобець у своєму дослідженні розробляють модель системи моніторингу навчальних програм з комп'ютерних наук. Вона містить державні стандарти, вимоги роботодавців та очікувані результати навчання. Для оцінки якості цієї моделі використано експертний метод. О. Спірін та О. Головня пропонують варіантний підхід до застосування технологій віртуалізації у підготовці бакалаврів інформатики, що передбачає інтеграцію кількох засобів віртуалізації та відповідну адаптацію навчальних матеріалів [146].

Ще однією проблемою підготовки ІТ-фахівців і вчителів інформатики є адаптація змісту та засобів навчання до постійного розвитку цифрових технологій. Серед різноманіття методик, розв'язання зазначеної проблеми можливе шляхом поєднання теоретичної та практичної підготовки студентів, з одного боку, та підвищення ефективності їх самостійної роботи за допомогою творчих завдань і проєктної методики, з другого. Такий підхід лежить в основі концепції змішаного (комбінованого) навчання [346].

Автори дослідження [246] зазначають, що для успішної реалізації комбінованого навчання слід враховувати:

- специфікацію освітнього середовища, що забезпечуватиме процес

навчання;

- режими взаємодії здобувачів та відповідні їм ресурси і засоби;
- способи подання навчального контенту та організаційні моделі освітнього процесу.

Загалом концепція комбінованого навчання передбачає поєднання:

- традиційних та інноваційних технологій – електронного, дистанційного, мобільного навчання;
- різних педагогічних підходів (конструктивізму, біхевіоризму, когнітивізму), що дає змогу досягти потрібного освітнього ефекту;
- цифрових засобів та очного навчання під керівництвом викладача;
- традиційного навчання з вирішенням практичних професійних завдань.

У даний час дослідники схильні розглядати змішане (комбіноване) навчання як синергетичну концепцію (систему ідей, теорій, моделей, рівнів, методів та інструментів організації навчальної діяльності), що характеризується новим баченням процесу та результатів навчання [238].

У процесі підготовки майбутніх учителів інформатики вбачаємо такі переваги застосування методик комбінованого навчання:

- сприяння підвищенню рівня успішності здобувачів, особливо за умов застосування цифрових технологій для підтримки навчально-пізнавальної діяльності (наприклад для моделювання процесів) або полегшують взаємодію студентів між собою та з викладачем;
- зміна ролі викладача, який стає фасилітатором у дослідженнях студентів, менеджером освітніх проєктів;
- перетворення «традиційної аудиторії» на відкритий віртуальний простір, де студенти можуть навчатися у зручному для себе темпі;
- підвищення мотивації до самонавчання та самовдосконалення;
- навчальний процес, що заснований на відтворенні та повторенні, перетворюється на процес відкриття, одержання здобування знань і представлення результатів цих діяльностей;
- студенти отримують можливість пройти всі етапи створення ІТ-продукту

від ідеї через створення моделі до остаточної реалізації та тестування.

У попередньому параграфі було розроблено групову методику використання хмарної лабораторії, що є складником ХОСН для розвитку практичних навичок здобувачів з курсів «Архітектура комп'ютерів», «Операційні системи». Розвиваючи авторські концепції та підходи, ми пропонуємо впровадження методики комбінованого навчання у курсі «Комп'ютерні мережі». Зазвичай дисципліна належить до обов'язкових фахових дисциплін в освітніх програмах підготовки здобувачів спеціальності «014.09. Середня освіта (Інформатика)». Аналогічно до курсу «Операційні системи», в ОПП, у межах якої реалізовано авторську методику, курс «Комп'ютерні мережі» передбачений до вивчення протягом двох семестрів.

Основними характеристиками пропонованої методики є:

- застосування хмарної лабораторії CL-NET;
- інтеграція до неї курсів мережної академії Cisco та інших MOOC від провідних вендорів;
- повсюдний доступ студентів і викладачів до об'єктів вивчення;
- поєднання формального та неформального способів навчання;
- орієнтація на наочність, яка зумовлена тим, що віртуальні мережні об'єкти часто є непростими для сприйняття та розуміння студентів;
- поєднання очного та онлайн-навчання, самостійна навчальна діяльність та під керівництвом викладача;
- досягнення особистих і групових цілей.

При визначенні змісту курсу було проаналізовано не лише доступні ОПП, а й зарубіжний досвід і міжнародні стандарти. За основу було взято документ «Information Technology Curricula 2017». Зміст навчання комп'ютерним мережам ми визначали на основі домену ITE-NET [208], що містить такі теми:

- ITE-NET-01 Перспективи та вплив;
- ITE-NET-02 Основи мереж;
- ITE-NET-03 Фізичний рівень;
- ITE-NET-04 Мережі та взаємозв'язок між ними;

- ITE-NET-05 Маршрутизація, комутація та підключення до мережі;
- ITE-NET-06 Служби мережевих додатків;
- ITE-NET-07 Управління мережею.

Першочерговим завданням курсу вважаємо формування в здобувачів ключових понять з теорії комп'ютерних мереж. Вони є основою для опанування різних технологій і мережних засобів. Для систематизації та закріплення базових ІТ-компетентностей пропонуємо використовувати навчальний проєкт, який включає ключові поняття, базові факти та базові навички, необхідні для виконання завдань. Коротко проаналізуємо доступні масові відкриті онлайн-курси від провідних платформ у галузі комп'ютерних мереж, що є доступні як окремим користувачам, так і університетам у межах академічних програм.

«TCP/IP та додаткові теми» (платформа Coursera). Курс пропонує до вивчення еволюцію мережевих рівнів та пов'язаних з ними служб та протоколів. Авторами курсу приділено особливу увагу ієрархічній структурі IP-адрес, пояснено їх роль у забезпеченні масштабованості інтернету. Детально розглянуто протокол TCP, зокрема алгоритм тристороннього рукоштовування, контроль потоків та перевантажень [399].

«Основи мережної комунікації» (платформа Coursera). У курсі визначено ключові поняття, які є основою багаторівневої моделі OSI. Курс містить такі розділи: мережі та послуги зв'язку, багаторівневі архітектури, API для роботи із сокетом, контроль на помилками передавання. Позитивним аспектом цього MOOC є використання технологій програмування для моделювання та діагностування мережевих взаємодій [244].

«Мережі та алгоритми пакетної комутації» (платформа Coursera). У курсі вивчаються мережі на двох рівнях – каналному та транспортному. Зміст курсу розкривають такі модулі: комутація кадрів та пакетів, маршрутизація у пакетних мережах, динамічна маршрутизація, управління трафіком [348].

«Мережне адміністрування: від теорії до практики». До завдань курсу належать: формування уявлень про роботу локальних і глобальних мереж, моделювання процесів маршрутизації, розуміння логіки і принципів

функціонування протоколів та сервісів, формування навичок діагностування мережеских з'єднань, встановлення серверів та публікування вебресурсів. Курс містить такі модулі: локальні мережі, об'єднання локальних мереж, інтернет, передавання даних у глобальних мережах [245].

Серед онлайн-курсів платформи EdX, доступним є курс «Вступ до відкритих мережеских технологій». Слухачам пропонуються до вивчення технічні основи організації мереж. Значна увага присвячена актуальним нині процесам агрегації, оркестрації, автоматизації мереж. Перевагою для українських ЗВО є те, що навчання відбувається на основі відкритих та безкоштовних проєктів Linux Foundation [277].

Проаналізовані курси зазвичай використовувалися для уточнення або ілюстрування окремих питань авторського курсу. Натомість було здійснено імплементацію до хмарної лабораторії CL-NET курсів CCNA «Вступ до мереж (Introduction to networks – CCNA1)» [196] та «Основи комутації, маршрутизації та бездротового зв'язку (Switching, Routing, and Wireless Essentials – SRWE)» [197].

На основі власного досвіду слід зазначити, що використання курсів мережескої академії Cisco у процесі вивчення комп'ютерних мереж має такі переваги:

- наявність високоякісних навчальних матеріалів, які подані як електронні курси, що опубліковані на вебсерверах компанії Cisco;
- надання доступу до віртуальних машин та емуляторів мережеского обладнання;
- можливість безкоштовного навчання студентів та викладачів у курсах базового та професійного рівнів;
- зростання мотивації студентів завдяки долученню до підготовки на платформі визнаного лідера інформаційних технологій з подальшим отриманням сертифікатів;
- розширені можливості спільного навчання та зворотного зв'язку між усіма його учасниками.

Курси CCNA1 та SRWE є сертифікованими. В ієрархії дисциплін мережної академії Cisco вони належать до другого рівня «Cisco Certified Network Associate (CCNA)» (сертифікація рівня спеціаліст). Для отримання сертифікату обов'язковим є повне проходження курсу. Воно передбачає опрацювання теоретичного матеріалу, виконання лабораторних робіт, заповнення анкети «Відгук про курс» та складання тестів з тем і підсумкового тесту (Final exam).

Зміст курсу CCNA1 містить теми:

1. Основи мережного з'єднання і передавання даних.
2. Ethernet-концепції.
3. Взаємодія між мережами.
4. IP-адресація.
5. Взаємодія мережних застосунків.
6. Побудова і захист невеликої мережі.

Зміст курсу SRWE містить теми:

1. Поняття комутації, віртуальні локальні мережі (VLAN) і маршрутизація між VLAN.
2. Резервування мереж.
3. Доступні та надійні мережі.
4. Безпека каналного рівня та бездротові локальні мережі (WLAN).
5. Поняття і налаштування маршрутизації.

Обидва курси є повністю локалізованими українською мовою. Незважаючи на це, вважаємо за доцільне надавати всю термінологію курсу також англійською мовою. Лабораторні роботи розроблено для виконання в додатку Packet Tracer, що є емулятором роботи мереж. Враховуючи концепцію вивчення цифрових технологій на прикладі кількох платформ, ми доповнили оригінальні лабораторні роботи курсів CCNA1 та SWRE авторськими роботами так, щоб моделювати функціонування мережних технологій на основі інших пристроїв та ОС. З цією метою, врахувавши вимоги сервісної моделі ХОСН, її мережну інфраструктуру було модифіковано в такий спосіб, щоб у ній можна було створювати значну кількість віртуальних підмереж. Кожна з цих підмереж може

бути пов'язана з певною фізичною мережею гіпервізора, а маркування трафіку в цих мережах здійснюється за допомогою технології VLAN. Для цього було виконано додаткове конфігурування двох маршрутизаторів (рис. 3.4.3). Оскільки платформи Apache Cloudstack та Proxmox VE не надають вбудованих інструментів для візуалізації структури мереж, студенти часто мають труднощі з їх проектуванням і налаштуванням у хмарній інфраструктурі.

Цей факт спонукав інтегрувати до хмарної лабораторії CL-NET платформу, що дає змогу візуалізувати процес проектування мережі. Основним критерієм вибору системи була її можливість підтримувати передавання даних у хмарній інфраструктурі, зокрема забезпечувати зв'язок з віртуальними машинами платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE. Ми проаналізували та порівняли декілька платформ – Cisco Packet Tracer, Graphical Network Simulator (GNS), Unetlab (EVE-NG) (табл. 4.3.1).

Таблиця 4.3.1. Порівняння платформ для моделювання комп'ютерних мереж

| Параметр | GNS3 | Cisco Packet Tracer | EVE-NG Community |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Складність встановлення | Середня | Низька | Низька |
| Вебінтерфейс | Так | Так | Так |
| Навантаження процесора | Високе | Середнє | Середнє |
| Безкоштовне завантаження | Так | Так | Так |
| Маршрутизатори | Так, Cisco (не безкоштовно) | Так | Так, Cisco (не безкоштовно) |
| Додаткові компоненти | Потрібно встановлювати | Вбудовані | Вбудовані |
| Інтеграція з Apache Cloudstack | Так | Ні | Так |
| Підтримка зовнішніх і внутрішніх (власних) мереж | Так | Ні / Так | Так |

З огляду на дані таблиці, обґрунтованим є вибір платформи EVE-NG Community Edition. На жаль, розробники не рекомендують використовувати її на платформі Proxmox VE. Тому в хмарній лабораторії CL-NET ми застосовували лише Apache Cloudstack. Кожна студентська копія платформи EVE-NG є

окремою віртуальною машиною в хмарі Apache Cloudstack. Оскільки будь-який вузол EVE-NG вже є віртуальною машиною, то апаратні сервери (хости) в інфраструктурі Apache Cloudstack мають підтримувати вкладену віртуалізацію.

До основних переваг її використання в процесі навчання комп'ютерних мереж належать:

- візуалізація структури мережі через вебінтерфейс;
- можливість маніпулювання об'єктами у веббраузері;
- безкоштовний характер поширення редакції EVE-NG Community;
- можливість запуску на віртуальній машині на базі ОС Linux;
- наявність персональних шаблонів віртуальних машин і мережевого обладнання;
- підтримка зовнішніх (для студента) мереж і наявність внутрішніх мереж;
- наявність інтегрованих інструментів для віддаленого доступу та моніторингу мережних з'єднань.

Доступ об'єктів модельованих мереж є можливим через вебінтерфейс платформи EVE-NG, а також через протоколи Telnet та VNC. У випадку правильного налаштування студентом мережних з'єднань вузлів мережі доступ до них буде можливий за відповідними протоколами.

Додавання нових мереж не має вимагати змін у топології фізичних мереж у ХОСН. У реалізації хмарної лабораторії було розділено трафік так, щоб він передавався між віртуальними комп'ютерами студентів усередині 40-ка віртуальних мереж. Таку їх кількість зумовлено необхідністю виділення двох окремих віртуальних мереж (відповідно до кількості фізичних адаптерів у хостах) для кожної академічної групи. Технічно можливо, щоб кожен студент мав змогу зберігати свої віртуальні комп'ютери та інші пристрої в одній або двох персональних віртуальних мереж. Отже, будь-яку з віртуальних машин у середовищі EVE-NG може бути забезпечено мережними адаптерами, що працюють у різних підмережах.

Дотримуючись вимог дидактичної та сервісної моделі ХОСН використання платформ Apache Cloudstack, EVE-NG у поєднанні із сервісом VPN у випадку

вивчення курсу комп'ютерних мереж є інваріантним та не залежить від місця перебування студента та викладача. З огляду на це їх можна використовувати однаково як під час аудиторного, так і для дистанційного навчання, а також для організації групової роботи.

Використання платформи EVE-NG з метою доповнення вивчення тем курсу CCNA1 було здійснено для тем «Основи мережного з'єднання і передавання даних» та «Ethernet-концепції» для моделювання мережних топологій. У курсі студентам пропонується розробляти мережні топології з використанням комутаторів, маршрутизаторів, комп'ютерів і кабелів. Причому одні й ті ж топології можна реалізувати як у емуляторі Cisco Packet Tracer, так і на платформі EVE-NG.

Значну частину змісту курсу SWRE становлять теми, пов'язані з вивченням віртуальних локальних мереж. Вони демонструють, як реалізуються принципи передавання даних на каналному та мережевому рівнях на основі технології VLAN. У процесі виконання такого роду завдань студентам пропонується використовувати такі віртуальні вузли платформи EVE-NG:

- L2-комутатор Cisco IOL;
- маршрутизатори Cisco та MikroTik;
- ОС Ubuntu Linux Server;
- вбудований «Віртуальний ПК».

Моделями некерованих комутаторів можуть бути об'єкти типу внутрішня мережа, що реалізовані на платформі EVE-NG. Оскільки лабораторні роботи оригінального курсу пропонують лише використання мережних пристроїв компанії Cisco, було розроблено лабораторні роботи, що пропонують проектування мереж, які містять усі перелічені вище об'єкти разом (рис. 4.3.1).

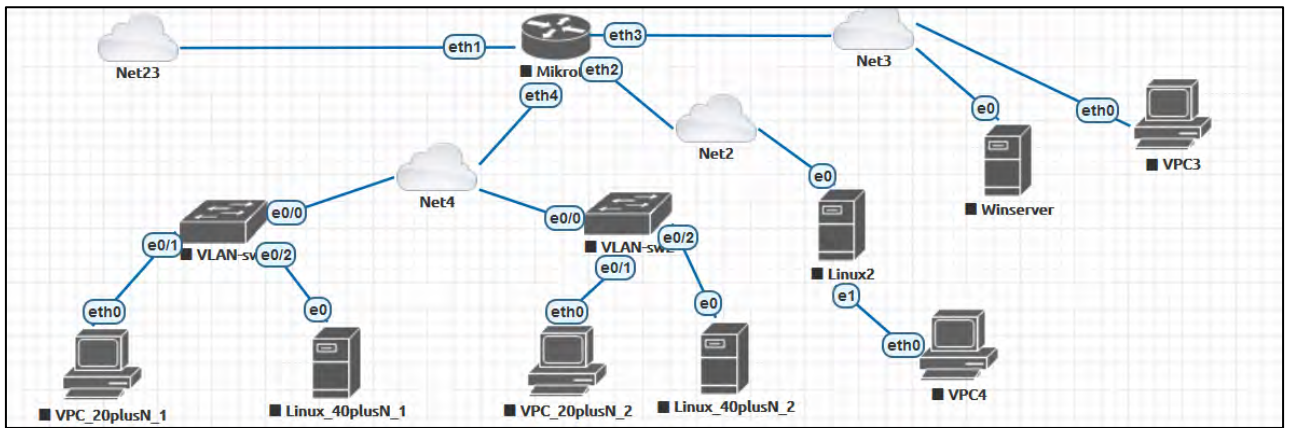


Рис.4.3.1. Топологія мережі з використанням технології VLAN

У лабораторній роботі студентам пропонується налаштувати комутатори Cisco, що маркують трафік, маршрутизацію якого виконує пристрій іншого виробника – MikroTik. У процесі виконання роботи студенти аналізують основні поняття курсу SWRE (порт доступу, транк), удосконалюють сформовані навички конфігурування пристроїв з використанням командного інтерфейсу Cisco IOS та формують нові, що передбачають роботу з маршрутизаторами Mikrotik.

Хмарна лабораторія надає засоби для організації групової роботи. Зазвичай ми пропонуємо студентам виконувати аналогічні завдання: наприклад, один з них налаштовує комутатор № 1, а інший – комутатор № 2. Завдання можна розширити, пропонуючи одному студенту налаштувати порти доступу всіх комутаторів, а іншому – усі транк-порти. При цьому викладач має доступ до всіх віртуальних машин усередині інтерфейсу EVE-NG, а також до Linux-серверів, що забезпечують функціонування зазначеної платформи. Це дозволяє йому допомагати студентам та контролювати їх діяльність.

Платформа EVE-NG надає доступ до всіх її об'єктів через стандартні протоколи telnet та vnc. Якщо кілька студентів підключаються через ці протоколи до одного вузла, вони працюватимуть із цією віртуальною машиною одночасно. Доступ через протоколи telnet і vnc не залежить від параметрів протоколів TCP/IP. Це означає, що студенти мають можливість робити помилки та вчитися, не ризикуючи втратити контроль над своїми пристроями.

Вивчення теми «Адресація IPv6» з курсу «CCNA1» було роширено завдяки авторській топології, зображеній на рис. 4.3.2.

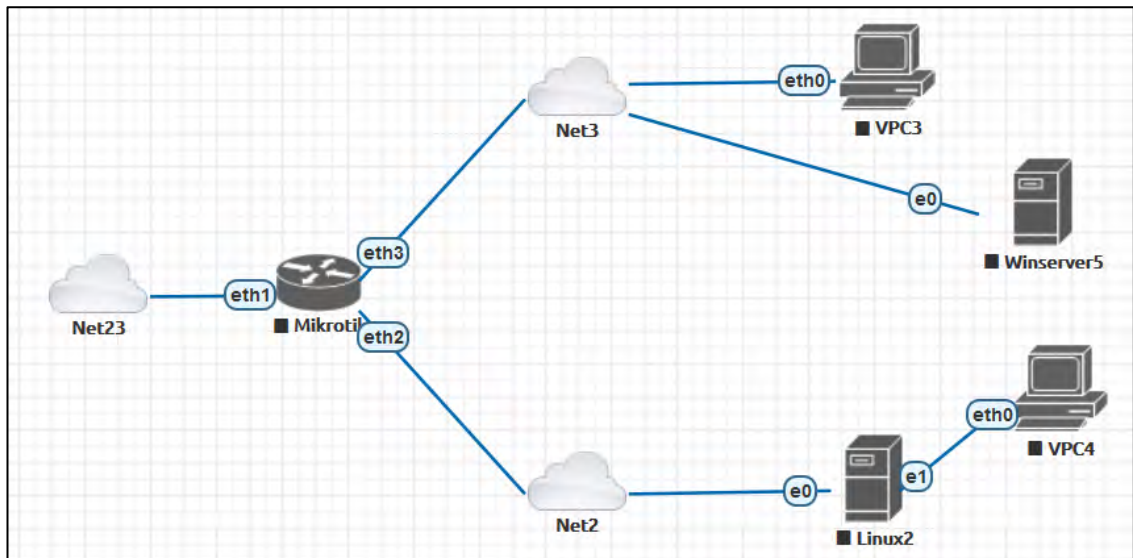


Рис. 4.3.1. Топологія мережі для вивчення протоколу IPv6

Використання запропонованого шаблону мережі в поєднанні з попереднім конфігуруванням фізичних маршрутизаторів ХОСН дає можливість студентам налаштувати на їх віртуальних пристроях глобальні унікальні IPv6-адреси (GUA), що є доступними з інтернету.

Методику групової роботи доцільно застосовувати й у процесі вивчення протоколу динамічної маршрутизації OSPF. Студентам можна запропонувати готовий шаблон мережі, що містить значну кількість пристроїв (рис. 4.3.3).

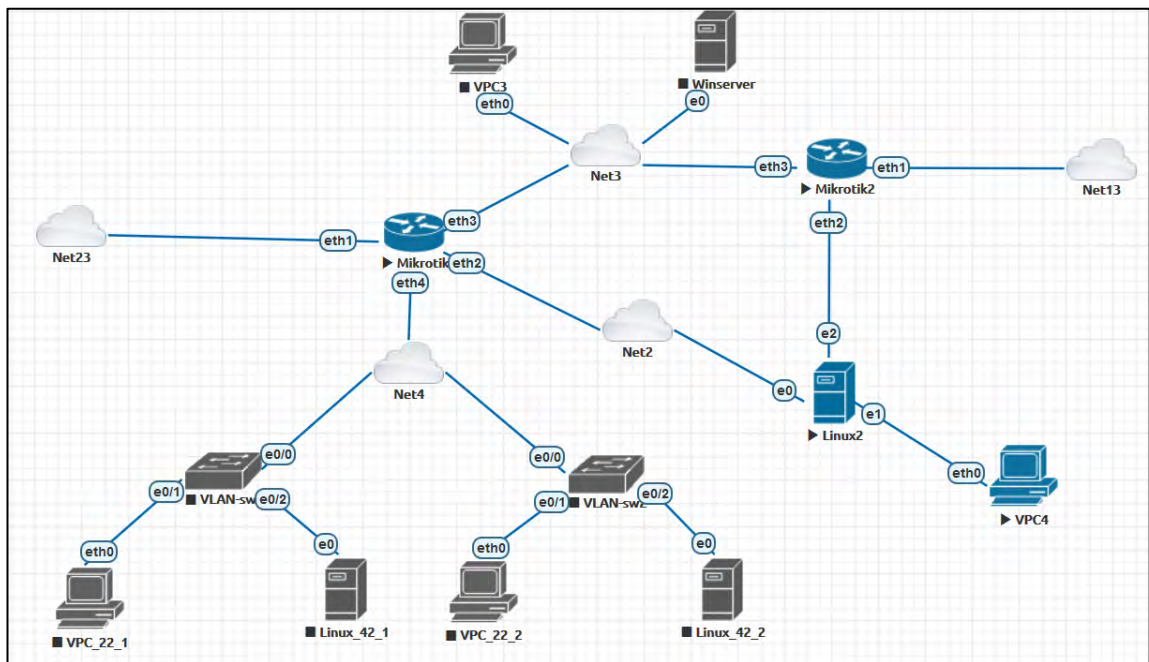


Рис. 4.3.3. Топологія мережі для вивчення протоколу OSPF

Якщо врахувати, що віртуальні мережі Net23 та Net13 є зовнішніми стосовно топології платформи EVE-NG, а також, що вони передають трафік у фізичних мережах гіпервізорів, то, налаштувавши на маршрутизаторах Mikrotik1 та Mikrotik2 протокол динамічної маршрутизації OSPF, студенти отримають єдину зв'язну мережу, де кожен пристрій будь-якого студента має зв'язок з пристроями його колеги. Більш детально авторські лабораторні роботи наведені у додатку В.

Важливим завданням при проектуванні мережі є моніторинг з'єднань. Для вирішення цього завдання пропонуємо використовувати утиліту Wireshark з пакету інтеграції EVE-NG.

Удосконалення сформованих у курсі SWRE навичок можливе через дослідження розширеної топології з багатьма маршрутизаторами (рис. 4.3.4).

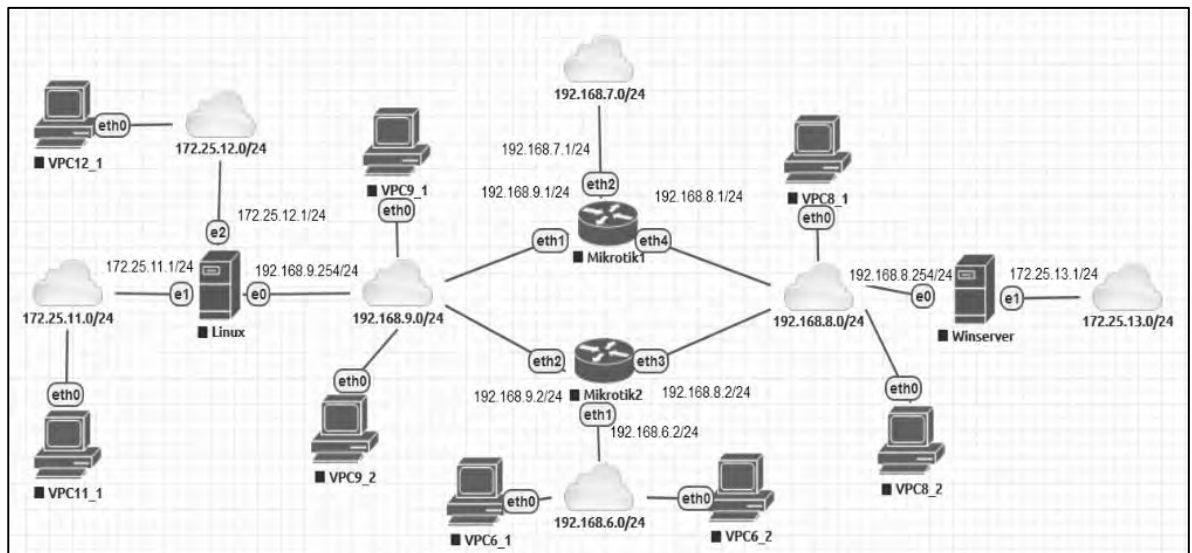


Рис. 4.3.4. Приклад мережі з багатьма маршрутизаторами

Вважаємо за доцільне використовувати цю конфігурацію після вивчення таких тем:

- статична маршрутизація;
- базова та NAT маршрутизація;
- протоколи динамічної маршрутизації;
- балансування навантаження через кілька з'єднань;
- політика базової маршрутизації;
- фільтрація даних;
- мережеві протоколи та служби (DHCP, ARP, DNS);

- протоколи віртуальних приватних мереж (PPTP, L2TP, OpenVPN).

Зауважимо, що в прикладі, наведеному на рис. 4.3.4, мережі з адресами 192.168.0.0/16 є внутрішніми. Їх можна розглядати як моделі локальних мереж, що працюють за протоколом TCP/IPv4. На відміну від попередньої лабораторної роботи (Вивчення протоколу OSPF), маршрутизація між такими мережами не відбувається. Натомість мережі з адресами 172.25.0.0/16, що підключені до хмарної інфраструктури Apache Cloudstack, є маршрутизованими. Їх можна розглядати як моделі зовнішніх мереж, підключених до різних інтернет-провайдерів. Як було зазначено вище, запропоновану топологію може бути модернізовано шляхом переходу до адресації за протоколом IPv6.

Реалізуючи методику групової діяльності студентів варто складну топологію (рис. 4.3.5) розділити між студентами в такий спосіб, щоб кожен з них налаштовував один з її компонентів. Для такої групової роботи слід на платформі Apache Cloudstack налаштувати проєкти. Проєкт Apache Cloudstack — це група віртуальних машин, до яких мають доступ його члени. У наведеному проєкті задіяно 4 віртуальні машини з платформою EVE-NG, якими в різній послідовності керують 4 студенти.

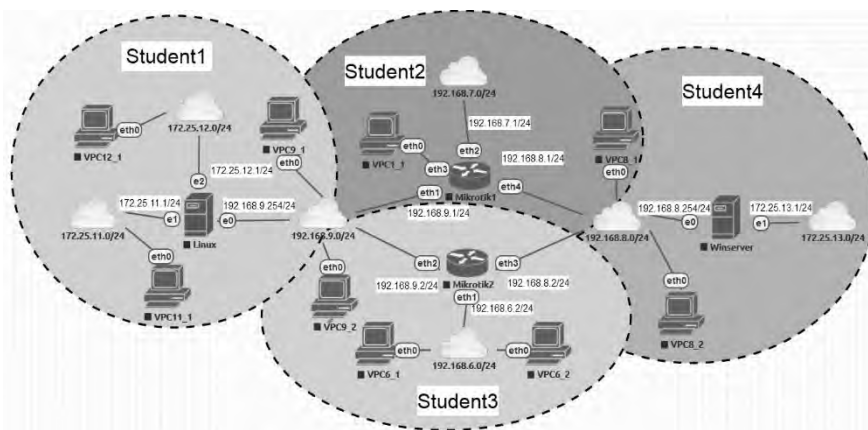


Рис. 4.3.5. Розподіл топології мережі між кількома студентами

Індивідуальні навчально-дослідні завдання в курсі варто організувати у формі групового проєкту. Однією з тем може бути така: «Я – інтернет-провайдер». Основними завданнями цього проєкту є:

- проєктування студентами власної топології мережі;
- забезпечення можливого розширення топології;

- ізоляція комп'ютерів клієнтів один від одного;
- блокування небажаного або шкідливого трафіку (флуд, ширококомовний шторм);
- динамічне виділення IP-адрес з різних діапазонів (фактичних в інтернеті та локальних у локальних мережах провайдера);
- обмеження швидкості трафіку;
- зберігання статистики користувачів;
- керування базами даних користувачів.

Під час роботи над проектом слід надати студентам максимальну самостійність так, щоб вони самі розподіляли ролі в групі, аналізували білінгові системи, проектували мережу, вибирали необхідне обладнання, налаштовували комутатори з'єднання та маршрутизатори, встановлювали білінгову систему, тестували роботу мережі та аналізували її недоліки.

Під час вивчення курсу «Комп'ютерні мережі» студентів слід мотивувати до використання інших складників ХОСН – сервісів загальнодоступних хмар Google Workspace та Microsoft 365. Наприклад, це буде корисним у процесі спільного створення протоколів тестування вузлів, графіків їх швидкісних характеристик, а також для підготовки звітів лабораторних робіт.

У контексті вивчення майбутніми учителями інформатики комп'ютерних мереж також важливою є їх підготовка до адміністрування сучасних ОС. Аналіз ОПП показує, що вивчення відповідних питань може бути передбачено в змісті різних обов'язкових або вибіркових курсів. Серед них – «Операційні системи», «Комп'ютерні мережі» та «Адміністрування комп'ютерних мереж». З огляду на це нами для останнього з перелічених курсів було розгорнуто хмарну лабораторію CL-ADM. У межах вибіркової дисципліни «Адміністрування комп'ютерних мереж» студенти одночасно вивчають ОС Windows та Linux. Методика вивчення курсу є варіативною та дозволяє виконання практично одних і тих же завдань на різних ОС. Альтернативним підходом є вивчення специфіки адміністрування певної ОС у межах окремих змістових модулів. Загалом пропонується курс містить три модулі:

- адміністрування окремого сервера мережі на базі ОС Windows та Linux (локальні користувачі та групи, безпека файлових систем, мережні ресурси (SMB і NFS), віддалене адміністрування за допомогою RDS і SSH);
- адміністрування домену (Active Directory, Samba, NIS);
- адміністрування серверних служб (Apache, ProFTPd, IIS, Postfix, Dovecot SQUID).

Отже, для вивчення кожної теми ми створюються щонайменше два віртуальних комп'ютери як сервери та щонайменше дві ВМ як клієнти. Для навчання однієї групи студентів академічна хмара має забезпечувати функціонування 30–40 віртуальних машин, що було підтверджено відповідними експериментами в межах розроблення технологій адміністрування ХОСН.

Розвиток технологій хмарних обчислень привів до стрімкого зростання серверного програмного забезпечення, яке мають розгортати та обслуговувати сучасні системні адміністратори. Зазначений тренд мав наслідком розвиток методології автоматизованого адміністрування з назвою DevOps. Стандартом «Information Technology Curricula 2017» відповідні питання пропонуються до розгляду у процесі підготовки майбутніх ІТ-фахівців [208]. Цей документ стосовно вивчення курсів DevOps акцентує увагу на процесі розроблення та експлуатації ІТ-систем та зазвичай містять командний проєкт і безперервне надання обчислювальних ресурсів. Внаслідок проходження курсу передбачено формування компетентностей щодо планування, розроблення, інтеграції, розгортання, тестування, а також моніторингу й оптимізації складної інфраструктури. Професійна практика, характерна для навчання в зазначених курсах, наголошує на спільних цілях, відповідальності, колективній діяльності, постійному спілкуванні та експериментуванні здобувачів.

У межах мережної академії Cisco доступний курс DevNet Associate, який було імплементовано до хмарної лабораторії CL-ADM. Початково він доступний у межах грантового навчання інструкторів. Після завершення навчання та отримання акредитації викладачі мають можливість викладати курс студентам. Основним завданням курсу є формування навичок щодо автоматизації

адміністрування комп'ютерних мереж через розширення можливостей мережевих додатків, розгортання локальних і хмарних інфраструктур, впровадження технологій інтернету речей (IoT) тощо. Перевагою курсу є й можливість навчання в ньому студентів із різним рівнем навичок програмування.

Коротко проаналізуємо зміст курсу DevNet. Загалом він пропонує такі модулі [217]:

1. Вступний модуль, присвячений організації навчального середовища. В адаптованому нами курсі DevNet передбачено, що студенти працюватимуть у хмарній лабораторії. У розділі пояснюють, як розгорнути віртуальну машину, які параметри слід зазначити, як віддалено підключитися до неї.

2. Середовище розробника DevNet. Модуль знайомить студента з такими важливими засобами розроблення, як «пісочниця», документація та система підтримка.

3. Розроблення програмного забезпечення та дизайн вмісту. Життєвий цикл розробки програмного забезпечення є основною концепцією цього модуля.

4. Розуміння та використання інтерфейсу API. У цьому модулі студенти вивчають API-дизайн та архітектурні стилі. Доволі детально в модулі розглянуто стандарт REST API.

5. Вступ до основ мереж. У модулі систематизовано основні поняття комп'ютерних мереж на основі моделей OSI та TCP/IP.

6. Розгортання та безпека додатків. Студенти знайомляться з моделями розгортання додатків, такими як віртуальні машини, контейнери та безсерверні обчислення.

7. Інфраструктура та автоматизація. У цій темі студенти використовують код для налаштування, розгортання та управління програмами разом з обчислювальною, сховищною та мережевою інфраструктурою.

8. Платформи та розроблення Cisco. Модуль є корисним для студентів для подальшого розвитку кар'єри. Тема описує центри розробників Cisco. Вони є зручним способом виконання завдань автоматизації.

Загалом для виконання деяких лабораторних робіт достатньо вебсервера. Автори курсу пропонують використовувати віртуальну машину (ВМ) на базі безкоштовного програмного забезпечення VirtualBox. Для забезпечення зручності, контрольованості, співпраці студентів із викладачем у хмарній лабораторії CL-ADM було створено шаблони віртуальних машин на базі платформ Apache Cloudstack та EVE-NG.

Одна віртуальна машина працює на базі Ubuntu Linux, інша є хмарною реалізацією маршрутизатора CSR 1000V. ВМ на базі Ubuntu Linux містить такі інструменти: інтерпретатор мови програмування Python, IDE Visual Studio Code, Postman (платформа для роботи з API), утиліта командного рядка Git, емулятор Cisco Packet Tracer, тощо

Для прикладу ВМ Ubuntu Linux було використано для створення чат-бота в лабораторній роботі «Використання REST API у Python». Студенти вивчали REST-API для роботи з сервісами MapQuest, ISS Location та Webex Teams. Як наслідок, їх чат-бот читав повідомлення з кімнати Webex Teams у форматі JSON, виконував їх розбір, знаходив повідомлення з назвою міста. На наступному кроці сценарій викликав API служби MapQuest для визначення географічних координат міста. Ще одним завданням роботи було визначити найближчий час для спостереження Міжнародної космічної станції в цьому місті. На останньому етапі чат-бот надіслав відповідь у кімнату Webex Teams.

4.3. Методика використання ХОСН на магістерському рівні підготовки майбутніх учителів інформатики

4.3.1. Зміст і методика навчання курсу «Основи хмарних технологій»

Навчання на другому та третьому етапі дидактичної моделі пропонуємо здійснювати у формі спецкурсу «Основи хмарні технології». Його основним завданням вважаємо формування у здобувачів компетентностей щодо проєктування, розроблення, розгортання та супроводу ХОСН.

Підготовка до використання хмарних технологій у майбутній професійній діяльності відповідно до дидактичної моделі передбачає вивчення:

загальнодоступних хмарних платформ визнаних вендорів у галузі розроблення програмного забезпечення (Google Inc., Microsoft), відкритих програмних засобів як основи корпоративних хмар, а також засобів для розроблення хмарних сервісів.

Основними темами спецкурсу є такі:

- Публічні хмарні платформи (Google Workspace та Microsoft 365);
- Хмарні платформи для приватних хмар (Apache Cloudstack, Proxmox);

Мета курсу полягає у формуванні в здобувачів, як важливого складника фахової компетентності, розуміння базових принципів надання та отримання доступу до обчислювальних ресурсів згідно з концепцією хмарних обчислень. Як результат вивчення пропонованої навчальної дисципліни в здобувачів доцільно формувати такі знаннєві складники фахової компетентності:

- основні принципи функціонування інформаційних технології за парадигмою «хмарних обчислень»;
- моделі розгортання хмарних платформ;
- поняття IT-інфраструктури та можливості застосування хмарних технологій у процесі її розгортання;
- функціональні можливості загальнодоступних платформ Google Workspace та Microsoft 365;
- принципи адміністрування облікових записів користувачів цим систем;
- складники, що реалізують хмарну інфраструктуру корпоративних платформ;
- логіку розгортання приватних хмарних платформ (на прикладі Apache Cloudstack або Proxmox VE);
- особливості використання хмарних технологій у навчальному процесі.

До діяльнісних компонентів фахової компетентності щодо розгортання хмарних платформ зараховуємо такі:

- проектування інфраструктури загальнодоступної хмари;
- робота з обліковими записами користувачів хмарних платформ Google Workspace та Microsoft 365;

- конфігурування сервісів загальнодоступних хмар;
- проведення аналізу та моніторингу функціонування хмарних програмних засобів;
- встановлення та конфігурування платформ корпоративних хмар (Apache Cloudstack та Proxmox VE);
- конфігурування гіпервізорів для роботи з хмарними платформами;
- розгортання інфраструктури для забезпечення федеративної автентифікації за допомогою Windows Azure Access Control Service і AD FS;
- мігрування систем на хмарні платформи;
- створення, редагування, переміщення віртуальних машин у корпоративній та академічній хмарах.

Імплементацію складників дидактичної моделі під час вивчення загальнодоступних платформ Google Workspace та Microsoft 365 пропонуємо здійснювати у формі проекту «Хмарні сервіси у кожному школі». Його завдання полягають у проектуванні та розгортанні хмарних сервісів для загальноосвітніх шкіл. Базовими засадами в концепції проекту є: відсутність серверного обладнання в школі, відсутність матеріальних витрат на розгортання супровід хмарних сервісів, добровільний характер участі в проекті.

Протягом формувального етапу експериментального дослідження здобувачів у співпраці із практикуючими вчителями інформатики визначали, які сервіси, як складові середовища, потрібно конфігурувати або мігрувати в хмари.

Використовуючи численні напрацювання науковців Інституту цифровізації НАПН України, що стосуються аналізу та теоретичного обґрунтування методичних засад створення хмаро орієнтованих середовищ загальноосвітніх і вищих навчальних закладів, студентами впродовж п'яти років здійснюється проектування та розгортання загальнодоступних хмарних платформ у школах Тернопільської області. Координацію роботи з учителями інформатики загальноосвітніх шкіл та супровід розгорнутих систем забезпечує Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної

освіти. В організаційному аспекті проєкт можна розглядати як співпрацю науковців академії наук викладачів і студентів університетів, методистів інститутів післядипломної педагогічної освіти з учителями загальноосвітніх шкіл. Такий підхід вважаємо виправданим з точки зору взаємоорганізації всіх його учасників.

Розгортання хмаро орієнтованого навчального середовища доцільно здійснювати впродовж таких етапів [254]:

- проблемного, що передбачає визначення основних освітніх і навчальних проблем, які доцільно вирішувати засобами хмарних сервісів;
- концептуального, на якому слід здійснити з'ясування базових засад функціонування хмаро орієнтованого навчального середовища;
- оцінювального, що передбачає аналіз і добір хмарних технологій, а також оцінювання кожного з них стосовно використання в навчальному процесі;
- діяльнісного, що охоплює проєктування самого середовища, діяльність його учасників щодо розгортання програмних складників;
- експериментального, на якому здійснюють перевірку функціонування, корекцію розгорнутих сервісів, підготовку учнів, учителів до їх застосування;
- узагальнювального, який передбачає аналіз, узагальнення результатів проєктування, прийняття рішення щодо використання.

Розглядаючи модель хмаро орієнтованого середовища загальноосвітнього закладу, насамперед, варто звернути увагу на публічні хмарні сервіси. Проте ми не виключаємо й розгортання хмари загальноосвітнього закладу згідно з гібридною моделлю.

Нині на ринку хмарних технологій провідні місця посідають світові лідери в галузі розроблення програмного забезпечення: компанії Google Inc. та Microsoft. Кожна з них розробила та впроваджує загальнодоступні хмарні платформи Google Workspace та Microsoft 365. Обидві платформи мають академічні підписки та доступні для закладів середньої освіти. Враховуючи запропоновані моделі використання хмаро орієнтованого середовища, ми

використовували лише безкоштовні підписки хмарних сервісів компаній Google Inc та Microsoft, зокрема, «Google for education fundamentals» «Microsoft 365 Education для працівників навчальних закладів» та «Microsoft 365 Education для студентів».

Використання хмарних служб і інструментів Google Workspace і Microsoft 365 for Education у закладі середньої освіти має такі переваги:

- надійність – ці продукти відомі своєю функціональністю та безпекою даних;
- авторизований доступ до ресурсів і послуг;
- керування групами та блоками облікових записів користувачів;
- модерація та фільтрація небажаного контенту;
- додаткові засоби адміністрування та розширені налаштування;
- український інтерфейс;
- сумісний з мобільними пристроями під управлінням Google Android і Microsoft Windows
- можливість інтеграції з різними програмами навчального призначення.

Хмарна платформа Google Workspace містить більшу кількість сервісів порівняно з Microsoft 365, проте базові сервіси їх обох є однаковими. Наведемо їх у вигляді таблиці 4.4.1.

**Таблиця 4.4.1. Основні сервіси платформ
Google Workspace та Microsoft 365**

| | Google Workspace | Microsoft 365 |
|------------------------|------------------|--------------------|
| Електронна пошта | Gmail | Outlook |
| Планування подій | Google Calendar | Calendar |
| Хмарне сховище | Google Drive | OneDrive |
| Відеодзвінки та наради | Google Meet | Skype for Business |
| Робота з документами | Google Drive | OneDrive |
| Відеохостинг | YouTube | Video |
| Сайти | Google Sites | Sharepoint |
| Управління навчанням | Classroom | OneNode Class |

| | | |
|--------------------------|---|---|
| Інтерфейс адміністратора | + | + |
|--------------------------|---|---|

Як показує авторський довід для розгортання хмарних сервісів у загальноосвітній школі потрібна співпраця адміністрації та вчителів інформатики та англійської мови. Бажаною є допомога з боку фахівців у галузі інформаційних технологій, зокрема системних адміністраторів.

Важливим завданням проєкту є реєстрація та конфігурування інтернет-домену освітнього закладу. Зазвичай школи України створюють власні інтернет-сайти на безкоштовних сервісах, які належать до доменів at.ua, in.ua тощо. Незважаючи на значну кількість реклами, існування таких сайтів є, поза сумнівом, позитивним аспектом. Для отримання академічних ліцензій Google Workspace та Microsoft 365 бажаною є наявність такого сайту. Проте платформи, на яких розміщено такі сайти, зазвичай не надають засобів для управління доменами. Крім того, їх доменні імена не ідентифікують школи як навчальні заклади, оскільки не містять складової «edu». Згідно з правилами делегування доменних імен в українському сегменті інтернету дочірні домени в зоні «edu.ua» можуть бути делеговані (надані) лише вищим навчальним закладам. З огляду на це доцільним вважаємо використання під домену «edu» у межах регіональних доменів. Наприклад, ми реєстрували домени шкіл Тернопільської області у домені «edu.te.ua». Враховуючи концепцію хмаро орієнтованого середовища закладу середньої освіти, ми намагалися мінімізувати матеріальні витрати на реєстрацію та продовження делегування доменних імен. Зокрема, один з інтернет-провайдерів Тернопільської області безкоштовно делегував для освітніх закладів дочірні домени в зоні «edu.te.ua». Оскільки функціонування доменів має забезпечувати два сервери імен – основний і резервний, то для реалізації проєкту нами було налаштовано ведучий сервер, а як ведений використано безкоштовний український сервіс secondary.net.ua.

Наступним завданням проєкту «Хмарні сервіси у кожену школу» була реєстрація облікового запису школи на хмарних сервісах Google Workspace та Microsoft 365. Першочергово учасникам слід було підтвердити право власності на домен. Цю процедуру магістранти виконували, створюючи відповідні записи

на сервері доменних імен, ретельно заповнюючи усі пропоновані хмарним провайдером форми. Здобувачам потрібно своєчасно відповідати на листи компаній Google та Microsoft. З цією метою в проєкті було організовано мінігрупи з двох студентів і вчителя інформатики відповідної школи. Усі вони мали доступ до облікового запису, з якого відбувалася реєстрація облікового запису школи.

Для отримання академічної ліцензії було підготовлено детальний опис англійською мовою освітнього закладу та цілей використання хмарних сервісів у ньому. Як зазначалося вище, для підтвердження статусу освітнього закладу бажаною є наявність сайту школи. Проте в процесі виконання проєкту був позитивний досвід отримання академічних ліцензій за відсутності такого сайту. У майбутньому таке розроблення сайту школи можливе на хмарних платформах. На підтвердження безпечності хмарних сервісів компанія Google Inc. надає навчальному закладу сертифікат ISO/IEC 27001.

Як відомо, основним сервісом хмарних платформ Google Workspace та Microsoft 365 є електронна пошта. Сервери доменних імен забезпечують опрацювання електронних повідомлень поштовими серверами компаній Google та Microsoft. На основі досвіду реалізації сервісної моделі для ХОСН закладів середньої освіти не передбачено налаштування синхронізації поштових сервісів обох платформ. Це означає, що навчальному закладу потрібно визначитися, який поштовий сервіс буде основним. Студентам було запропоновано налаштувати додаткове пересилання копій вхідних повідомлень між сервісами, наприклад із сервісу Gmail до Outlook. У цьому випадку листи, які надходять через сервіс Gmail користувачеві pupil@school.edu.te.ua, буде додатково надіслано до сервісу Outlook (за умови, якщо на сервісі Microsoft 365 також створено обліковий запис pupil@school.edu.te.ua). Проте стан поштових скриньок сервісів синхронізовано не буде. Тобто прочитаний, надісланий або видалений лист на сервісі Gmail не буде відповідно відображено в Microsoft 365.

Обидві платформи мають достатньо функціональний інтерфейс адміністратора. Першочерговими задачами є створення облікових записів

користувачів та груп. Основним способом виконання цього завдання для обох платформ було обрано імпорт із наперед підготовленої електронної таблиці, зазвичай у форматі csv.

Обидві системи підтримують механізм груп користувачів, тобто лист надісланий на електронну скриньку групи буде доставлений усім її учасникам, з папкою чи документом до яких надано доступ групі зможуть працювати усі її учасники, доступ до події календаря також отримають усі учасники запрошеної групи тощо. Для структурування облікових записів Google Workspace студенти, консультуючись із адміністрацією шкіл, розробляють структуру організаційних одиниць (рис. 4.4.1).

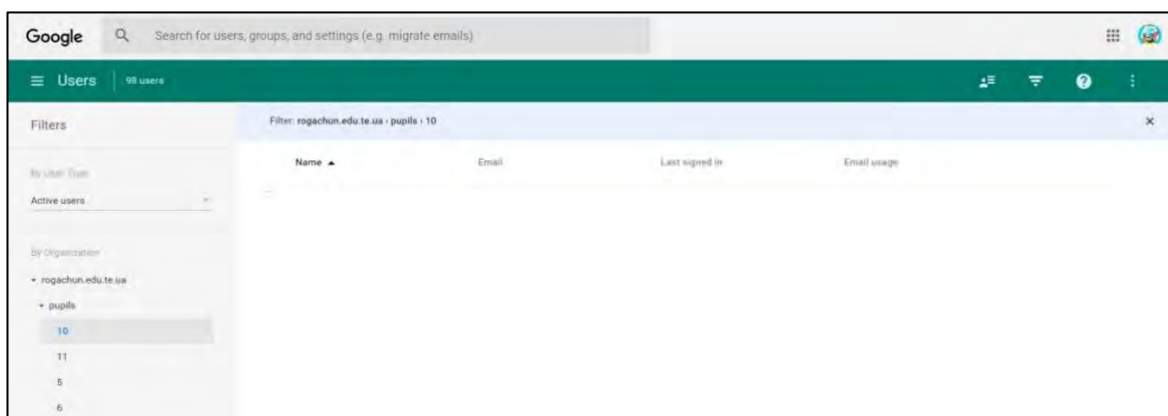


Рис. 4.4.1 Організаційні підрозділи закладу середньої освіти, реалізовані в консолі адміністратора Google Workspace

У подальшому реалізація проєкту вимагає уваги щодо розв'язання проблем супроводу та підтримки. Зокрема, у вчителів виникають питання стосовно адміністрування, конфігурування, моніторингу хмарних сервісів. Розв'язання таких проблем здійснюється організацією очних і дистанційних семінарів, практикумів, а також через залучення студентів до супроводу розгорнутих систем.

Вивчення корпоративних хмар згідно з авторською методикою здійснюють на основі відкритих платформ, що використовують у ХОСН закладу освіти (Apache Cloudstack та Proxmox VE).

Для реалізації методики необхідне відповідне апаратне забезпечення. Як було обґрунтовано в сервісній моделі, у складі корпоративних хмар

функціонують сервери, що виконують різні функції. Проте, як свідчить досвід автора, можна використати обладнання, що було в ужитку, або орендувати його в хостинг-провайдера [336].

Для навчання розгортанню таких хмар також доцільно використовували груповий метод навчання. Він полягає в розподілі завдань. Студенти можуть виконувати разом або індивідуально завдання такі як:

- конфігурування сервера баз даних;
- налаштування хмарної платформи;
- встановлення гіпервізорів;
- створення віртуальних комп'ютерів;
- розподіл обчислювальних ресурсів.

У подальшому студенти можуть змінювати ці ролі між собою.

Поряд з відкритими корпоративними платформами вважаємо доцільною імплементацію до змісту дисципліни «Основи хмарних технологій» окремих питань або й усіх MOOC-курсів. Однією з найпотужніших платформ, що реалізує сервісну модель «інфраструктура як сервіс» є Google Cloud Platform. На превеликий жаль, її компанія-розробник не пропонує грантів для університетів України. Проте доступ до платформи можливий у межах MOOC-курсів. Зокрема, у межах програми «Coursera для кампусів» здобувачі проходили курси із загальною назвою «Основи Google Cloud Platform»: базова інфраструктура». Перший курс пропонує здобувачам ознайомитися з комплексною та гнучкою інфраструктурою та послугами платформи, які надає Google Cloud, зосереджуючись на складнику Compute Engine. Завдяки поєднанню відеолекцій, демонстрацій і практичних лабораторних робіт учасники досліджують і розгортають елементи рішення, включаючи компоненти інфраструктури, такі як мережі, віртуальні машини та служби додатків. Студенти дізнаються, як використовувати Google Cloud через консоль управління та засіб «Cloud Shell», а також про професію хмарного архітектора, підходи до проектування інфраструктури та налаштування віртуальної мережі з віртуальною приватною хмарою (VPC), проектами, мережами, підмережами, IP-адресами, маршрутами

та правилами фільтрування даних [232].

Другий (поглиблений) курс пропонує до вивчення важливі поняття та термінологію для роботи з платформою Google Cloud. У курсі широко використано відеолекції та лабораторні роботи стосовно обчислювальних можливостей і сховищ Google Cloud, а також важливі інструменти керування ресурсами та політикою безпеки. Унаслідок проходження MOOC-курсу здобувачі навчаються [256]:

- визначати призначення та цінність продуктів і послуг Google Cloud;
- працювати з сервісами Google Cloud;
- обирати та використовувати середовища розгортання додатків, зокрема App Engine, Google Kubernetes Engine і Compute Engine;
- розгортати хмарні сховища Cloud Storage, Cloud SQL, Cloud Bigtable та Firestore.

Оскільки спецкурс «Основи хмарних технологій» передбачений для вивчення на другому (магістерському) рівні вищої освіти, вважаємо доречним використання в ньому дослідницького підходу. Він полягає в тому, що викладач формулює технічні вимоги до хмари, а студенти досліджують та налаштовують платформи відповідно до цих вимог. Підбиття підсумків такого дослідження можливе за допомогою методу порівняльного аналізу. Наприклад, одна платформа може мати кращі показники для обслуговування хмарного хостингу, а інша буде ефективніше працювати як складник ХОНС.

4.3.2. Підготовка майбутніх учителів інформатики до розроблення хмарних сервісів

Третій етап дидактичної моделі використання ХОНС стосується вивчення вибраних питань щодо розроблення хмарних сервісів. Його доцільно проводити в процесі вивчення окремих тем курсів програмування (вебпрограмування) або в межах окремого курсу за вибором «Розроблення хмарних сервісів». За умови наявності достатньої кількості навчальних кредитів запропоновані питання може

бути імплементовано до курсу «Основи хмарних технологій». У будь-якому випадку, основне завдання – отримання саме практичних умінь і навичок щодо розроблення власних хмарних сервісів.

Оскільки третій етап дидактичної моделі реалізується в межах магістерських освітніх програм, то, як і у випадку підготовки до розгортання хмарних платформ, обґрунтованим і доцільним вважаємо використання проєктної методики навчання здобувачів. Незважаючи на те, що метод проєктів широко описаний і використовується в педагогіці доволі давно, дослідники в галузі цифровізації освіти вважають його одним з найефективніших у навчанні комп'ютерних наук [96]. Застосування методу на зазначеному етапі моделі має відповідати таким вимогам:

- чітке визначення проблеми та завдань, для розв'язання яких реалізовується проєкт;
- розвиток у здобувачів здатностей до ініціативи та креативності щодо проєктування, розроблення, розгортання й тестування хмарних сервісів;
- організація спільної діяльності студентів;
- орієнтованість на наявність попередньо сформованих фахових компетентностей, необхідних для вирішення завдань проєкту;
- максимальна орієнтованість проєкту на сучасні технології, що використовують під час розроблення реальних програмних продуктів;
- прикладний характер і значущість одержаних здобувачами результатів.

Щодо компетентностей щодо розроблення програмних засобів, то їх розвиток практично в усіх освітніх програмах спеціальності «014.09 Серендя освіта (Інформатика)». Отже, доцільно пропонувати магістрантам застосувати попередньо засвоєні навички в комплексі з метою здобуття нових, зокрема щодо опанування найбільш відомих шаблонів програмування, розроблення його серверного та клієнтського компонентів з використанням мови JavaScript, виконання проєкту на сучасній програмній платформі Node.js, розгортання проєкту в хмарній інфраструктурі. Такий комплексний підхід дозволяє формувати цілісне бачення функціонування вебдодатку.

Зміст навчання може бути реалізовано у вигляді окремого курсу «Розроблення хмарних сервісів» або змістового модуля дисципліни «Основи хмарних технологій». У кожному з цих випадків він має містити кілька тем, які мають незначний обсяг теоретичного матеріалу та передбачають виконання завдань для формування практичних умінь та навичок.

У межах першої теми доцільно обрати ознайомлення з хмарною платформою Google Cloud Platform (GCP). Практична частина передбачає налаштування середовища та створення проєкту конфігурації хмарної бази даних. З метою усунення плутанини з методом навчання надалі називатимемо його GCP-проєктом. Створюючи його, варто зосередитись на архітектурі та розробленні його основного функціоналу.

Наступна тема передбачає реалізацію модуля реєстрації та входу в систему користувачів. Магістрантам пропонується спроектувати й розробити менеджер контактів, основним функціоналом якого буде реалізація для авторизованого користувача базових операцій адресної книги – створення, перегляд, редагування та видалення записів про контакти. Додатково передбачено функцію надсилання електронних листів обраним у менеджері контактам. Вебсервіс із переліченими вище функціями дає можливість здобувачам усвідомити, як використовувати деякі хмарні сервіси платформ Google Workspace та GCP, зокрема Computer Engine, Google Cloud Storage, SQL, API & Services.

Незважаючи на відсутність освітніх грантів для повноцінного доступу українських університетів до платформи GCP, вважаємо доцільним її використання в навчанні майбутніх учителів інформатики. Це можна здійснювати, використовуючи початковий пробний режим роботи з платформою або працюючи з деякими компонентами в межах безкоштовних лімітів обчислювальних потужностей (Free Tier).

Розроблення хмарних сервісів у Google Cloud Platform вимагає організації групової форми роботи. Отже, до кожного проєкту слід додати його учасників та призначити їм певні ролі, щоб визначити повноваження доступу (Рисунок 4.5.1).

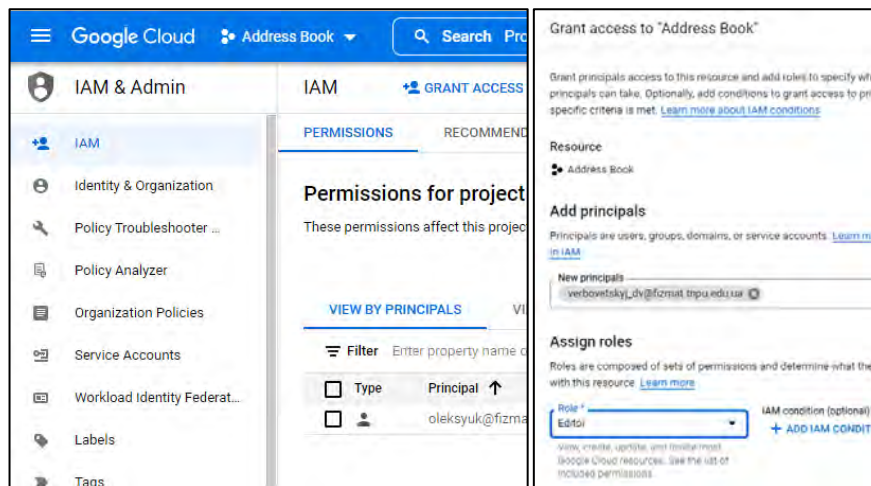


Рис. 4.5.1. Додавання учасників до проєкту сервісу Google Cloud Platform

Реалізація проєкту передбачає його розділ на кілька окремих складників. Структурну схему завдань наведено на рис. 4.5.2. Отже, окремими, але взаємопов'язаними завданнями можуть проєктування та розроблення таких модулів:

- реєстрація облікових записів користувачів;
- автентифікація та авторизація на сервісі;
- виконання базових операцій із записами в сервісі – перегляд, створення, редагування;
- надсилання листів за контактними даними з адресної книги.



Рис. 4.5.2. Базові складники проєкту

Зважаючи на перелічений функціонал і технології, що використовують під час розроблення, впровадження курсу буде доцільним після здобуття студентом базових фахових компетентностей, засвоєння основ вебпрограмування, розуміння взаємодії «клієнт – сервер», навичок побудови алгоритмів.

Здобуття перелічених вище вмінь і навичок передбачено багатьма освітніми програмами спеціальності «014.09 Середня освіта (Інформатика)». Виділимо ті, з них, які є обов'язковими для реалізації цього та аналогічних проєктів:

- спроможність до аналізу процесів проєктування та розроблення вебдодатків;
- знання основних понять архітектури комп'ютерів, комп'ютерних мереж, клієнт-серверного програмного забезпечення;
- знання архітектури реляційних баз даних, навички створення побудови запитів з використанням мови SQL;
- здатність визначати, аналізувати, розуміти проблеми у функціонуванні програмних засобів, знаходити ефективні методи їх розв'язання;
- навички моделювання та дослідження процесів, що виконуються в інформаційних системах;
- здатність створювати, розуміти й застосовувати математичні моделі та методи, що є основою розв'язання чималої кількості прикладних задач;
- вільне володіння комп'ютером і сучасним програмним забезпеченням;
- здатність розробляти й налагоджувати програмні засоби;
- навички адміністрування комп'ютерних мереж і систем;
- спроможність ефективно взаємодіяти та спілкуватися з іншими учасниками освітнього процесу;
- здатність до провадження педагогічної діяльності, зокрема для навчання користувачів використання розроблених засобів.

Згідно з визначеними в [149] рівнями ІКТ-компетентностей, можна стверджувати, що кожен, хто успішно завершить курс, здобуде навички базового та окремі – підвищеного рівня.

Пропонована проєктна методика реалізовується в кілька послідовних етапів: постановка проблеми, створення плану розроблення проєкту, практична робота та презентація проєкту.

Під час етапу постановки проблеми викладач повідомляє здобувачам та обґрунтовує мету та завдання, зазначає передбачуваний результат, що відповідає функціоналу сервісу, а також складники фахових компетентностей, якими мають оволодіти здобувачі. На цьому ж етапі керівник проєкту формує групи студентів та пропонує розподілити обов'язки кожного їх учасника. Надалі магістранти самостійно планують етапи роботи над проєктом, висувають пропозиції щодо способів вирішення завдань та опціональної реалізації додаткового функціоналу.

На практичному етапі викладач пропонує здобувачам ознайомитись із платформою Node.js та її основними можливостями. Оскільки зазвичай студенти не мали досвіду використання Node.js, доцільним є з'ясування принципових відмінностей у роботі інтерпретатора мови PHP та Node.js, зокрема що стосується модульного та пакетного опрацювання запитів клієнтів. Корисним є систематизація знань студентів щодо принципів передавання електронної пошти за протоколами SMTP, POP3, IMAP. Проєктування бази даних сервісу можна організувати з використанням методики мозкового штурму.

Наступний етап проєкту передбачає практичну роботу студентів складниками платформи GCP, зокрема створення екземплярів Compute або App Engine. Усвідомлення процедури створення хмарного сервісу вимагає від студента виконання завдань щодо локального розроблення складників проєкту, розгортання його на хмарну платформу або безпосереднього створення коду в середовищі GCP. На етапі тестування сервісу магістранти виявляють недоліки в його функціонуванні та за потреби виконують додавання оновлень.

Після створення такого додатку та, відповідно, засвоєння основ роботи в хмарному середовищі варто переходити до розширення додатку, інтегруючи його

з іншими службами GCP та додаючи новий функціонал. Завершальним етапом є презентація розроблених сервісів, де студенти ділитимуться своїми здобутками.

Стосовно принципів функціонування платформи Node.js та її відмінностей від інтерпретатора PHP викладачеві слід зауважити, що її розроблено на основі мови JavaScript, та реалізовано в рушії JS V8 від Chrome [326]. Основною ідеєю функціонування Node.js є використання моделі, що не блокує процеси вводу-виводу, а дає змогу опрацьовувати значні обсяги даних в асинхронному режимі, що пришвидшує взаємодію між клієнтом і сервером. Проте ця платформа не підходить для обчислювальних операцій, які вимагають значних ресурсів процесорного часу.

Для розуміння студентами логіки роботи Node.js доцільно розглянути приклад типового завдання у роботі вебсервера, що полягає в зчитуванні файла на диску та поверненні його клієнту. Якщо сервер працює за стандартною моделлю (з використанням модулів мов PHP або ASP), він опрацьовує цей запит упродовж таких етапів:

1. Надсилання завдання до файлової системи комп'ютера.
2. Очікування на відкриття та зчитування файла з файлової системи.
3. Повернення файла клієнту.
4. Очікування нових запитів від клієнтів.

Платформа Node.js виконує зазначені завдання в асинхронний спосіб, що полягає в надсиланні завдання до файлової системи комп'ютера з подальшим опрацюванням наступних запитів. Після того як файлова система відкрила та прочитала запитований файл, сервер повертає контент клієнту. Таке асинхронне програмування, що, зі свого боку, є дуже ефективним щодо споживання пам'яті сервера.

Зважаючи на те, що одним із складників проекту є розроблення функціоналу для відправлення повідомлень електронною поштою, студентам на цьому етапі надається можливість попередньо ознайомитись із модулем для надсилання повідомлень на електронну пошту — Nodemailer. Цей модуль не входить до платформи Node.js, але може бути інстальований за допомогою менеджера

пакетів npm. Для надсилання повідомлень у Node.js необхідно зазначити поштовий сервіс, що використовується, та ім'я користувача і пароль. Наведемо приклад надсилання повідомлень за допомогою Gmail:

```
const node_mailer = require('nodemailer');
const transport = node_mailer.createTransport({
  service: 'gmail',
  auth: {
    user: 'testmail@fizmat.tnpu.edu.ua',
    pass: 'sender_password'
  }
});

const mailOptions = {
  from: 'testmail@fizmat.tnpu.edu.ua',
  to: 'testmail@fizmat.tnpu.edu.ua',
  subject: 'Sending Email using Node.js',
  text: 'Sending was successful'
};

transport.sendMail(mailOptions, function(error, info){
  if (error) {
    console.log(error);
  } else {
    console.log('Email was sent: ' + info.response);
  }
});
```

Якщо існує потреба в надсиланні листів кільком одержувачам одночасно, потрібно додати список електронних адрес до поля *to*. Надалі здобувачі виконують тестування та оцінювання продуктивності хмарного сервісу. Зауважимо, що сервіс працює як сервер, що опрацьовує запити, що надходять на визначений порт.

Студентам доцільно запропонувати як окремі завдання проекту отримання списку контактів за допомогою API-функцій для роботи із сервісами Google

Workspace. Такими сервісами є Контакти та Google Admin. У першому випадку завдання полягають в отриманні окремих контактів з певного облікового запису або переліку всіх адрес із каталогу освітнього закладу. Для його виконання в наявному проєкті, що створено в Google Cloud Console, потрібно активувати відповідні API-функції – Contacts API та People API. Задіюючи зазначені функції, слід вказувати область їх дії. Доцільно мотивувати здобувачів користуватися офіційною документацією хмарного вендора. Наприклад, вичерпна інформація про синтаксис запитів, область їх дії, обов'язкові й опціональні параметри доступна на сторінках сервісу Google Developers. Крім сторінок документації, він пропонує випробувати та отримати результати виклику обраного методу. Альтернативним засобом розвитку компетентностей використання API-функцій для роботи з платформою Google Workspace є додаток або хмарний сервіс Postman. Незважаючи на необхідність виконання додаткових налаштувань, цей засіб дає можливість студентам краще усвідомити логіку створення API-викликів.

Наприклад, отримання списку контактів певного облікового запису можливе через виконання такого GET-запиту:

https://people.googleapis.com/v1/people:listDirectoryPeople?readMask=names,emailAddresses&sources=DIRECTORY_SOURCE_TYPE_DOMAIN_PROFILE,

де параметр readMask визначає поля, що будуть вибрані з сервісу Контакти (імена та електронні адреси), а sources – тип джерела, з якого будуть отримано дані (профіль домену Google Workspace). Запит повертає дані у форматі JSON, які можна опрацьовувати методами обраної мови програмування.

Іншим прикладом є робота з каталогом облікових записів з повноваженнями адміністратора Google Workspace. Завдання вимагає використання Admin SDK API та вказування відповідних областей дії для кожного методу. У цьому випадку студентам будуть доступні дані про організаційні одиниці каталогу, групи користувачів тощо. Наведемо кілька прикладів відповідних запитів:

<https://admin.googleapis.com/admin/directory/v1/groups?domain=fizmat.tnpu.edu.ua> – виводить список усіх груп у домені;

*https://admin.googleapis.com/admin/directory/v1/groups/
im-43@fizmat.tnpu.edu.ua/members –*

повертає членів групи із зазначеним e-mail;

*https://admin.googleapis.com/admin/directory/v1/groups?domain=fizmat.tnpu.edu.ua
&userKey=oleksyuk@fizmat.tnpu.edu.ua –*

отримує список груп, до яких належить обліковий запис із зазначеним e-mail.

На етапі тестування для виконання проєкту на платформі GCP потрібно встановити параметри виконання в середовищі App Engine використовується конфігураційний файл у форматі *yaml*. У ньому потрібно зазначити версію *Node.js*. Для розгортання сервісу студентам пропонується використовувати один із інструментів *Google Cloud SDK* — інструмент командного рядка *gcloud*. Створивши файл (*.gcloudignore*) вони вказують ті ресурси, які не мають завантажуватись у хмару.

Важливим етапом роботи з хмарними сервісами є власне їх розгортання. У випадку використання GCP для цього використовують вбудований термінал (консоль). У ній за допомогою команди *gcloud* виконують розгортання проєкту:

gcloud config set project PROJECT_ID.

gcloud app deploy.

Унаслідок виконання команд файли проєкту виконується стиснення його файлів та їх завантаження до сховища *Google Cloud Storage* (рис. 4.5.3).

```

C:\gcloud\address-book>gcloud app deploy
Services to deploy:

descriptor:      [C:\gcloud\address-book\app.yaml]
source:          [C:\gcloud\address-book]
target project:  [address-book-222114]
target service:  [default]
target version:  [20181111t170912]
target url:      [https://address-book-222114.appspot.com]

Do you want to continue (Y/n)? y

Beginning deployment of service [default]...
#-----#
#- Uploading 5 files to Google Cloud Storage      -#
#-----#
File upload done.
Updating service [default]...done.
Setting traffic split for service [default]...done.
Deployed service [default] to [https://address-book-222114.appspot.com]

You can stream logs from the command line by running:
  $ gcloud app logs tail -s default

To view your application in the web browser run:
  $ gcloud app browse

```

Рис. 4.5.3. Розгортання проєкту за допомогою Google Cloud SDK

Перегляд відомостей про проєкт та керування його версіями можна з консолі Google Cloud. Для демонстрації студентам переваг виокристання обчислювальних ресурсів згідно з моделлю хмарних обчислень доцільним є його подальше редагування безпосередньо в середовищі GCP. Доопрацьовуючи сервіс у такий спосіб, здобувачі уникатимуть можливих негараздів, що викликані браком швидкодії їхніх пристроїв, відсутністю певних середовищ розроблення або несумісністю коду. Для цього можна виконувати розроблення проєкту з використанням інструменту командного рядка Google Cloud Shell, що надає вбудований редактор коду безпосередньо у вікні браузера (Рисунок 4.5.4).

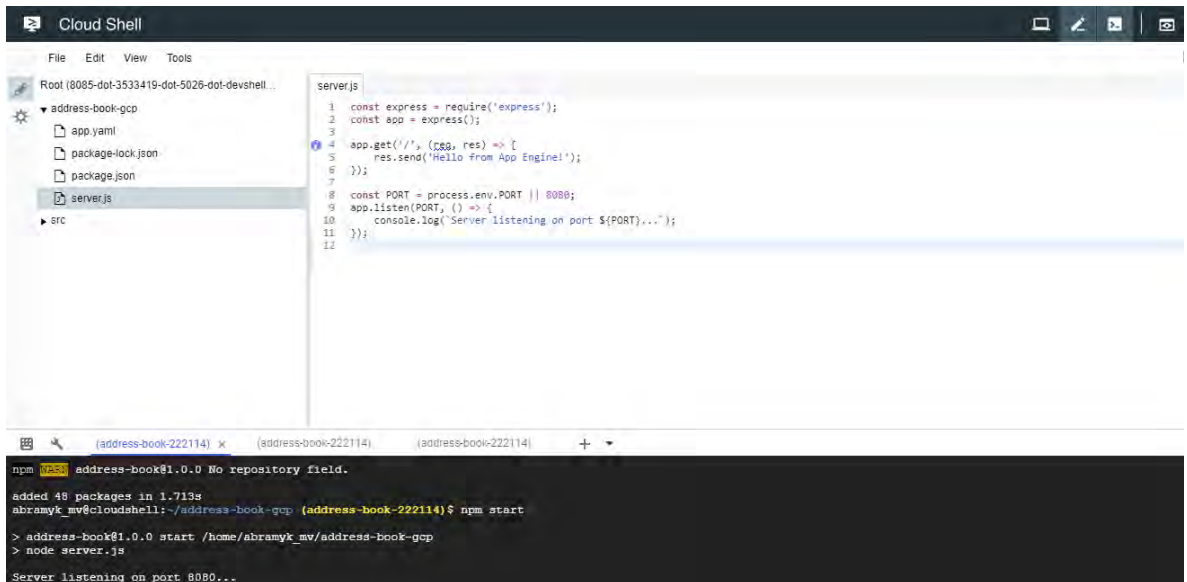


Рисунок 4.5.4 Приклад проєкту в Google Cloud Shell

Зрештою здобувачі можуть самі обрати, який із засобів розроблення є доцільним для використання.

Іншим прикладом створення додатків із використанням хмарних технологій є розроблення додатку для підтримки роботи користувачів корпоративної мережі.

Студентам пропонується розробити додаток, що забезпечує такий функціонал:

- для сповіщення служби підтримки про проблеми користувача буде використано хмарний сервіс Google Calendar;
- визначення, який саме ІТ-фахівець виконуватиме завдання, буде здійснено на основі вибору користувачем категорії проблеми.
- програма матиме два інтерфейси – для користувача та для адміністратора. Адміністратор зможе переглядати заявки, які надійшли на виконання.

Технічне завдання зумовлено реальною проблемою значної кількості комп'ютерів у навчальних аудиторіях університету, які територіально розміщено в кількох будівлях. Отже, у кожній аудиторії неможливо забезпечити присутність системного адміністратора. Тому для персональних комп'ютерів студентам слід розробити утиліту «Network user support tool», яка забезпечить оперативне інформування служби підтримки про наявність технічних проблем.

Після того як користувач заповнив і надіслав форму, дані передаються до

сервісу Google Calendar. Кожне звертання користувача створює нову подію календаря. У сервісі Google Workspace створено спільний календар для групи служби підтримки. Відповідно всі пристрої, на яких додано відповідні облікові записи, отримують сповіщення про нову подію.

Google Calendar є ефективним сервісом для організації діяльності. Наприклад, за допомогою сервісу в ЗВО створюють електронний розклад навчання [332]. Використовуючи Google Calendar як специфічну базу даних, студенти реалізують збір та аналіз статистичних даних, що відіграють важливу роль у роботі системного адміністратора. На основі одержаних даних він зможе передбачити певні недоліки або з'ясувати види проблем, а також те, у яких аудиторіях вони виникають.

Пропонована модель утиліти «Network user support tool» передбачає виконання нею таких функцій:

- отримання даних про проблему в роботі ПК, зокрема IP-адресу, дату створення запиту, опис помилки, електронну адресу для зворотного зв'язку, пріоритет запиту, вибір аудиторії та можливість вкладати файл для пояснення помилки;
- опрацювання даних та їх подання у форматі сумісному із сервісом Google Calendar: назва події містить аудиторію, у якій було створено запит, поле «Де (місце події)» – IP-адресу проблемного ПК (визначається автоматично або вводиться користувачем), колір події визначає пріоритет, «вкладений файл» містить документ користувача, дата визначається автоматично, опис події містить решту даних користувача;
- додавання потрібних відомостей до системи сповіщення;
- виконання запиту та розв'язання проблеми системним адміністратором.

Об'єкт «календар» однойменного сервісу Google Workspace можна розглядати як сукупність подій. Вони містять додаткові метадані, такі як резюме, часовий пояс, місце розташування тощо. Кожен календар має власний ідентифікатор. Він відповідає адресі електронної пошти одного або кількох власників календаря.

Своєю чергою, подія також є об'єктом, який має часові поля – дату або інтервал часу. Кожна подія в календарі має унікальний ідентифікатор. Властивостями події є дата, часу початку і закінчення події, опис, місце розташування, статус, нагадування, приєднані файли. Події можуть відбуватися одноразово або повторюватися з певним інтервалом. Подія також має організатора, який, за замовчуванням, є власником календаря. Саме він містить початковий екземпляр події. Події можуть також мати кілька учасників.

Кожен користувач працює зі своїм власним календарем. Він також може переглядати або створювати події в інших календарях, до яких має доступ. Власники або користувачі з повноваженнями редагування календаря можуть створювати події та запрошувати до них інших користувачів (див. рис. 4.5.5.).

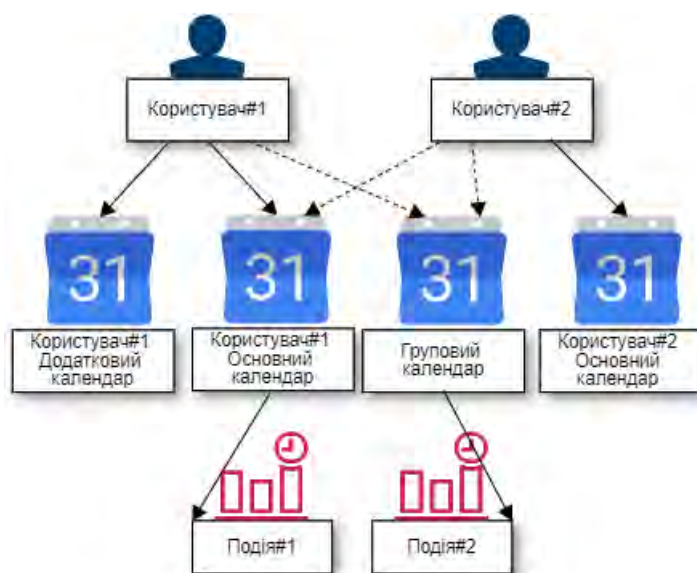


Рис. 4.5.5. Концепція доступу користувача до календарів і подій

З рисунку 4.5.5 видно, що:

- у Користувача 1 є його власний календар, календар групи та додатковий календар;
- у користувача 2 є основний календар; також він має доступ до календаря групи та основного календаря Користувача 1;
- користувач 1 створив подію 1, тому він може виконувати з нею будь-які дії, Користувачу 2 подія 1 доступна тільки для перегляду.

Студентам реалізують концепцію взаємодії користувачів утиліти «Network user support tool» через сервіс Google Calendar.

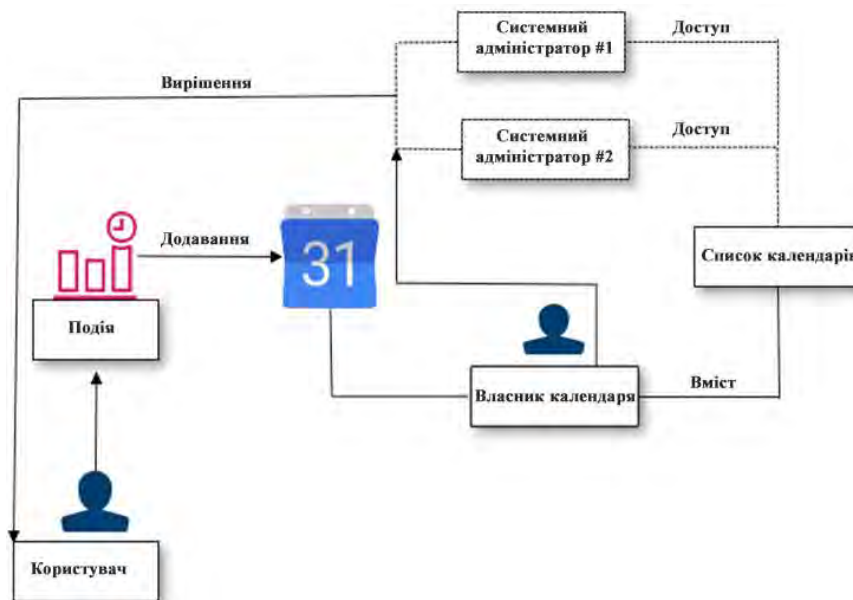


Рис. 4.5.6. Модель взаємодії користувачів додатка

З останнього рисунка видно, що користувач який володіє календарем, може переглядати увесь список подій. Власник календаря до кожної події може додати учасника та зазначити правило доступу, вказавши видимість календаря (загальнодоступний, приватний чи за замовчуванням).

Отже, модель додатка «Network user support tool» для підтримки діяльності користувачів корпоративної мережі передбачає взаємодію системних адміністраторів через створення подій у хмарному сервісі Google Calendar. Далі передбачається безпосереднє розроблення студентами сервера для збирання та опрацювання даних з сервісу.

У процесі розроблення додатка «Network user support tool» студенти самостійно обирають програмні засоби. Опишемо методику та технічні аспекти реалізації проєкту засобами Microsoft .NET. Однією з ідей .NET є сумісність служб, написаних різними мовами. .NET — кросплатформова технологія, в цей час існує реалізація для платформи Microsoft Windows, FreeBSD та Linux.

Для роботи із сервісом Google Calendar студентам потрібно у середовищі Visual Studio використати Calendar API. Для цього, аналогічно до використання бібліотеки Node.js, вони створюють новий проєкт на сервісі Google Cloud Platform. Для доступу до проєкту потрібні облікові дані, доступ за якими здійснюється за протоколом OAuth 2.0.

Як було зазначено в параграфі 3.1 для програм, які використовують протокол OAuth 2.0 для виклику Google API, слід використовувати ідентифікатор клієнта OAuth 2.0 для створення маркера доступу. Токен містить унікальний ідентифікатор. Отриманий ідентифікатор клієнта та секретний код студенти отримують для їх власних облікових записів у розділі «API та служби» Google Cloud Platform. Після створення нового проєкту студенти в диспетчері пакетів NuGet встановлюють бібліотеку для роботи з Calendar API. Як відомо, власники календаря можуть спільно використовувати календар з іншими, якщо нададуть доступ іншим користувачам. Параметри спільного використання календаря подаються в колекції ACL календаря. Кожен ресурс в колекції ACL надає певні права доступу до об'єктів календаря. Студентам пропонується самостійно проаналізувати та визначити достатні та безпечні права.

За замовчуванням, кожен користувач має доступ з правами власника до свого головного календаря і цей доступ неможливо змінити. Оскільки більшість ЗВО мають академічну підписку Google Workspace, то деякі налаштування сервісу Google Calendar можна здійснювалися на рівні домену. Наприклад, для підрозділу служби підтримки слід заборонити надавати доступ до календарів користувачам за межами організації. Після того як ми надали доступ до календарів, студенти розробляють код для роботи з окремими подіями.

Під час запуску network support tool користувач буде бачити форму для заповнення, яка сформує в Google Calendar нову подію. Загальний вигляд розробленого додатка є таким (рис. 4.5.7):



Рис. 4.5.7. Інтерфейс утиліти «Network support tool»

Запит формується в такій послідовності. Якщо проблема сталась на комп'ютері, де працює користувач, то на формі слід обрати радіо-кнопку «Мій комп'ютер». При цьому додаток формує поле «IP-адреса комп'ютера», у яке опціонально записує й ім'я пристрою. Зазначені поля є недоступними для зміни з інтерфейсу користувача. Натомість якщо користувач обере опцію «інший комп'ютер», то поле IP-адреси буде доступним для введення. З випадаючого списку можна обрати аудиторію. Надалі номер аудиторії буде заголовком події в календарі. Для реалізації додатка адміністраторам ХОСН слід розробити систему адрес для кожної аудиторії (скриньки відповідальних за аудиторії системних адміністраторів). Студенти реалізують функціонал, згідно з яким програма додає зазначений обліковий запис Google як учасника події у календарі та сповіщає його про проблему. Подію в календарі зафарбовують певним кольором на основі даних зі списку «Пріоритет». Існує три види пріоритету, а саме: високий, середній та низький. Цим пріоритетам відповідають три кольори – червоний, синій і сірий. У текстовому полі, яке розміщено нижче, користувач вводить текст з описом проблеми. Тут же можна вставити зображення або копію вікна, що містить візуалізацію недоліка.

Після надсилання форми, утиліта створює запит для додавання події в Google календарі. У випадку успішності останньої процедури користувачеві виводиться повідомлення про успішну реєстрацію заявки. Якщо з'єднання з

Інтернетом відсутнє, то користувач побачить повідомлення про помилку роботи програми. Network support tool також буде виводити помилку, якщо введено не всі дані. Якщо адміністратор перейде до свого календаря, він побачить створену подію (рис. 4.5.8):

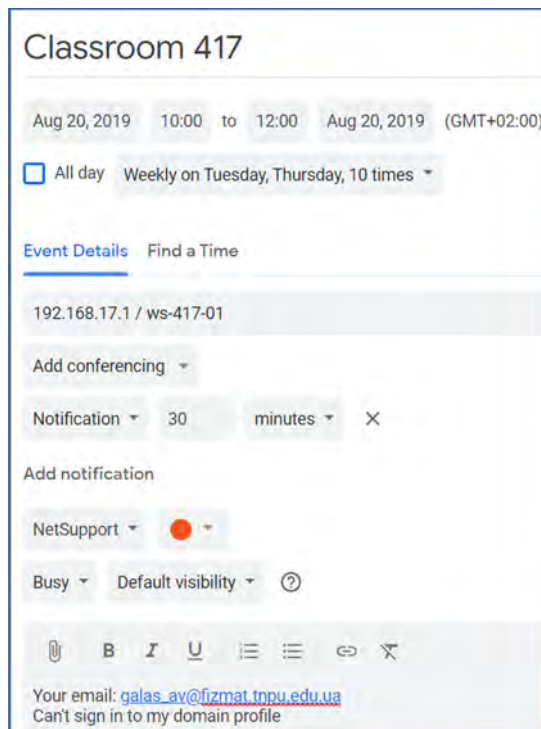


Рис. 4.5.8. Інтерфейс утиліти «Network support tool»

Для налаштування утиліту передбачено введення облікових даних адміністратора. У налаштуваннях програми доступні такі дії:

- додати нову аудиторію;
- змінити e-mail адміністратора;
- видалити аудиторію.

4.3.3. Методика використання хмарної лабораторії в навчанні основ кібербезпеки

Інформаційну безпеку багато джерел традиційно визначають як захист інформації від несанкціонованого доступу, розголошення, порушення, модифікації чи знищення. У Національній доктрині інформаційної безпеки України її визначають як стан захищеності життєво важливих інтересів людини і громадянина, суспільства і держави, за якого запобігається завданню шкоди

через неповноту, несвоєчасність і недостовірність поширюваної інформації, порушення цілісності та доступності інформації, несанкціонований обіг інформації з обмеженим доступом, а також через негативний інформаційно-психологічний вплив та умисне спричинення негативних наслідків застосування інформаційних технологій [117].

Поряд із поняттям «інформаційна безпека» нині доволі часто застосовують термін «кібербезпека» (комп'ютерна безпека), під яким розуміють стан захищеності комп'ютерних систем і мереж. Якщо завдання комп'ютерної безпеки зосереджено на захисті даних, що опрацьовують і передають у технічних системах, то завдання інформаційної безпеки пов'язані з діяльністю користувача, тобто полягають у захисті його інформації, незалежно від носія, на якому зберігаються відповідні дані [147].

Інформаційна та комп'ютерна безпека є особливо актуальними для України, оскільки ми перебуваємо в стані широкомасштабної війни з РФ, одним із способів ведення якої є інформаційні та кібернетичні атаки. З огляду на те, що комп'ютерні мережі утворюють основу критично важливої інфраструктури сучасної держави, інформаційну безпеку слід вважати важливим складником національної безпеки. У процесі розгляду співвідношення понять «інформаційна безпека» та «кібербезпека» постає актуальне питання щодо правильного розуміння понять «дані» та «інформація». У трактуванні інформаційної безпеки слід розглядати такі, притаманні лише людині, стани довіри та ідентичності, на яких засновано взаємодію та спілкування людей. Безпека комп'ютерних систем заснована на поняттях і процесах автентифікації та авторизації. При встановленні відповідності між станами особистості та цифровими функціями інформаційних систем їх розробникам і користувачам важливо розуміти, як можна зберегти механізми довіри та ідентифікації. Потреба конфіденційності виникла в суспільстві не лише як механізм захисту корпоративних прав, а й як зацікавленість особистості в забезпеченні власної свободи. Базові принципи конфіденційності відображено у статті 12 Загальної декларації прав людини Організації Об'єднаних Націй. Європейський Союз впровадив комплексну

правову базу щодо захисту конфіденційності, зокрема законодавчо визначив принципи та правила щодо захисту фізичних осіб стосовно обробки їхніх особистих даних [225]. Чимало користувачів не усвідомлює, що при перегляді інтернет-сайтів, роботи з мобільними додатками існує можливість опрацювання та зберігання їхніх особистих даних та операцій не лише розробниками вебсторінок, а й сторонніми особами. Масове збирання даних через соціальні мережі, профілювання перегляду інформаційних ресурсів створює ефект «цифрової тіні» особи [12].

Порушення кібербезпеки несумісні із захистом особистої інформації. Проте кібербезпека як стан захищеності комп'ютерних систем і мереж та даних, які зберігають та опрацьовують у них, є необхідною, але недостатньою умовою «інформаційної безпеки». Основні цілі інформаційної безпеки пов'язані з збереженням конфіденційності, цілісності та доступності даних (C.I.A. – Confidentiality, Integrity, Availability) [189]. Конфіденційність даних передбачає, що вони є доступними лише уповноваженим особам. Дані є цілісними, якщо вони є точними та повними, а також захищеними від втручань та зміни зі сторони неавторизованих осіб. Доступність передбачає забезпечення того, що дані та обчислювальні ресурси є доступними для тих, хто має право використовувати їх, коли це потрібно. Втрата доступності означає, що дані або система недоступні користувачам, коли їм це необхідно. Незважаючи на те, що зазначені принципи є базовими, фахівці в галузі інформаційної безпеки зауважують, що використання технічних засобів без належного залучення та роз'яснення користувачам аспектів інформаційної безпеки не дає достатніх результатів [302].

Аналіз документації та стандартів вищої школи показує, що питання інформаційної та кібербезпеки є важливою складовою підготовки майбутніх фахівців у галузі комп'ютерних наук як в Україні, так і за кордоном. Навчальні курси передбачені в університетських програмах підготовки Європейського Союзу та США [163].

Вітчизняні університети також здійснюють підготовку фахівців у галузі захисту інформаційних технологій. Зокрема, у 2016 році в Україні затверджено

стандарт спеціальності «125. Кібербезпека», у якому визначено загальні та спеціальні компетентності бакалаврів з кібербезпеки [150].

Поряд з фаховою підготовкою важливе значення має поінформованість користувачів комп'ютерних систем. Європейське агентство мереж та інформаційної безпеки (ENISA – European Union Agency for Network and Information Security) визначає рівень поінформованості як компоненту стратегії організації в організації освіти. Концепція визначає поінформованість користувачів як «першу лінію оборони» корпоративних мереж [400].

Враховуючи, що проблеми інформаційної та кібернетичної безпеки мають вагомe значення в освіті, вважаємо доцільним дослідження процесів формування фахових компетентностей майбутніх і практикуючих учителів інформатики. В освітньо-професійних програмах бакалаврів зі спеціальності «014.09. Середня освіта (Інформатика)» серед предметних компетенцій фахівця визначено здатність формувати уміння безпечної діяльності школярів у комп'ютерній мережі та здатність впроваджувати засоби і методи захисту інформації та безпеки в мережі інтернет [106], [98].

Як відомо, поняття компетентності включає не лише когнітивну та операціонально-технологічну складові, а й мотиваційну, етичну, соціальну і поведінкову, систему ціннісних орієнтацій, звички тощо. У колективній монографії [109] серед стандартів ІК-компетентностей педагогів та учнів виділено окремий – «безпека і приватність». Він містить вимоги, які розподілено в 5-ти складниках:

1. Знання про загрози – користувач усвідомлює, що дані, розміщені в інтернеті, можуть бути доступними стороннім особам; розуміє ризики, які пов'язані з електронним листуванням, завантаженням програм, прийняттям запрошень у соціальних мережах.

2. Уміння запобігти небезпекам в інтернеті – користувач адекватно реагує на залякування, агресію, насилля, пов'язані з небезпечними стосунками в інтернеті; створює надійні паролі; уміє класифікувати листи як спам.

3. Здійснення контролю за інформацією, що передбачає забезпечення конфіденційності власних паролів, критичне оцінювання достовірності отриманої з мережі інформації, усвідомлення загроз, пов'язаних з публікуванням відомостей про себе, розрізнення публічної та приватної інформації, розпізнавання небезпечних мережних контактів тощо.

4. Усвідомлення відмінностей між комунікацією в мережі й спілкуванням поза інтернетом.

5. Застосування гігієнічних засад, пов'язаних із використанням комп'ютера.

Аналіз науково-педагогічних праць дослідників компетентнісного підходу дозволив виділити основні компоненти професійних компетентностей вчителя інформатики: мотиваційно-ціннісний, організаційно-змістовний, когнітивно-операційний та особистісно-рефлексивний.

Проаналізуємо діяльність учасників освітнього процесу як користувачів хмаро орієнтованого середовища та визначимо взаємозв'язок компетентностей, які стосуються їх інформаційної безпеки. Для ефективного провадження професійної діяльності учитель інформатики має володіти належним рівнем фундаментальної підготовки, зокрема розуміння принципів функціонування комп'ютерних систем і загроз, які виникають внаслідок несанкціонованого доступу до них, і, як наслідок, розуміти важливість інформаційної безпеки. Важливим є поведінковий, особистісно-рефлексивний складник, який передбачає трансформацію знань у навички безпечної діяльності та рефлексію власних дій.

Поведінка залежить не лише від знань людини, а й від її світогляду, переконань, ставлень, почуттів. Усі ці поняття є складниками інформаційної культури, як процесу, в ході якого особистість пізнає й перетворює інформаційне середовище, реалізуючи свої здібності, потреби й прагнення. У структурі інформаційного світогляду вчителя інформатики виділяють здатність до усвідомлення проблем інформаційної безпеки та кіберзлочинності, а також усвідомлення ризиків, які супроводжують інформаційну діяльність.

Аксіологічною стороною інформаційного світогляду є усвідомлення відповідальності за наслідки діяльності в інформаційно-освітньому середовищі. Недотримання в навчальному закладі правил безпеки може призвести до небажаних наслідків:

- знищення або пошкодження важливих даних для навчального закладу (документація, навчальні матеріали, засоби оцінювання навчальних досягнень);
- несанкціоноване одержання та розповсюдження персональних даних учнів, вчителів, адміністрації;
- поширення серед молоді шкідливого контенту, який пропагує жорстокість, насильство, порнографію, окультизм;
- зростання витрат на інформаційну безпеку навчального закладу;
- репутаційні наслідки.

Кібербезпеку розглядають у трьох аспектах: фізичному, технічному та адміністративному. Фізичний аспект передбачає обмеження доступу сторонніх осіб до приміщень школи, у яких розміщено комп'ютери, сервери, комутаційне обладнання; технічний – використання пристроїв та програмних засобів, призначених для захисту операційних систем та мереж; адміністративний – включає в себе керівні принципи та правила організації навчального процесу з використанням інформаційних технологій.

Якщо взяти за основу походження загроз, то їх можна класифікувати як внутрішні та зовнішні. Внутрішні загрози більшою мірою стосуються інформаційної безпеки та виникають як несистематичні порушення безпеки, пов'язані з діяльністю некомпетентних або недобросовісних користувачів. Зовнішні загрози стосуються кібербезпеки та спричиняються внаслідок дій вірусів хакерських атак, шахрайких маніпуляцій, надсилання спаму тощо. У контексті зовнішніх загроз постає питання відповідальних за розгортання та технічний супровід інформаційно-освітніх середовищ навчальних закладів. В університетах та коледжах зазначені завдання виконують окремо створені підрозділи (центри обслуговування комп'ютерних мереж, відділи дистанційного

навчання). У загальноосвітніх школах проблема залишається невирішеною. Зазвичай завдання щодо технічного супроводу комп'ютерної мережі виходять за межі посадових обов'язків вчителів інформатики. Через недофінансування системи загальної освіти в школах відсутні фахівці відповідної спеціалізації, або їх кваліфікація бажає бути кращою. За таких умов супровід інформаційно-освітніх середовищ навчальних закладів можливий згідно з аутсорсинговою моделлю [16], що, як було зазначено в параграфі 2.3, є складником моделі адміністрування ХОСН. Проте поряд із перевагами повсюдності, гнучкості налаштувань, фінансового заощадження ресурсів використання хмарних технологій привносить й додаткові ризики. Вони пов'язані з тим, що специфіку функціонування ХОСН не завжди відображено в керівних положеннях і правилах інформаційної безпеки закладу освіти. Наслідком впровадження хмарних технологій є надання студентам повсюдного доступу до обчислювальних ресурсів корпоративної мережі університету. Доволі часто такий доступ здійснюється з відкритих, загальнодоступних мереж, а також з використанням персональних пристроїв.

Проблеми безпеки та конфіденційності відображено в безпековому складнику сервісної моделі ХОСН. Вони значною мірою залежать від моделей його розгортання. Зокрема, у міру підвищення функціоналу хмари зростає відповідальність провайдера за забезпечення її безпеки.

Постачальники хмарних сервісів згідно з моделлю «програмне забезпечення як сервіс» (SaaS) пропонують свої засоби з великою кількістю інтегрованих функцій. Як наслідок, саме розробники відповідають за безпеку та конфіденційність даних. Особливо актуальною є проблема для загальнодоступних хмарних платформ. Їх розробники, які є потужними наднаціональними корпораціями (Google, Microsoft), чимало уваги приділяють питанням інформаційної безпеки. Проте недостатньо компетентне адміністрування хмарних платформ може призвести до одержання доступу до персональних даних учнів, поширення небажаного контенту, кіднепінгу тощо.

Хмарні технології, що функціонують згідно з моделлю «платформа як сервіс» (PaaS), зазвичай використовують під час створення власних програмних продуктів. Як наслідок, першочергово за захист власних програм відповідають клієнти. Постачальники послуг мають ізолювати один від одного додатки клієнтів та їх середовища розроблення. Використання найбільш продуктивної моделі «інфраструктура як сервіс» (IaaS) надає чимало функціональних можливостей й створює чимало кіберзагроз. Захист хмарної інфраструктури покладається на її користувачів, але й постачальники послуг також мають забезпечити базові можливості низького рівня захисту власних платформ.

Як показує досвід, використання хмарних технологій згідно з двома останніми моделями (PaaS та IaaS) зазвичай здійснюють у закладах вищої освіти. Розгортання корпоративних хмар як складників ХОСН здійснюється з метою забезпечення більшої розширюваності та інтеграції їх власних обчислювальних потужностей та надання студентам індивідуального повсюдного доступу до них. При цьому зазвичай використовують технологію віртуалізації, яка також збільшує ризики вторгнення. Отже, системні адміністратори хмарних платформ та інфраструктур мають працювати над забезпеченням ізоляції, опосередкованого і безпечного обміну даними між віртуальними машинами. Це може бути зроблено за допомогою гнучкого механізму контролю доступу, який керує можливостями контролю та спільного використання VM у хості хмари.

Єдина система автентифікації також є безпековою проблемою. Інтеграція хмарних та традиційних сервісів забезпечує легкий та уніфікований доступ викладачів та студентів до їх особистих даних, зокрема й через мережу інтернет. У багатьох ХОСН ЗВО використовують єдину автентифікацію, що забезпечує доступ до різних його сервісів за допомогою одного й того ж логіна та пароля. Фахівці з безпеки, викладачі інформатики, а також студенти мають розуміти, що такий підхід несе суттєві загрози, особливо у випадку використання відкритих (тих, які не шифруються) протоколів передавання даних.

Нині в освіті набуває поширення концепція використання персональних пристроїв у навчальному процесі (BYOD) [396]. Університети можуть надавати

віддалений доступ викладачам і студентам до власної корпоративної мережі за допомогою технологій віртуальних приватних мереж (VPN). Зазвичай саме особисті пристрої використовують студенти як VPN-клієнти, з метою одержання віддаленого доступу до інформаційних ресурсів університету. Отже, ще однією загрозою кібербезпеці освітнього середовища є той факт, що студенти та учні отримують доступ з пристроїв, якими не управляють ІТ-фахівці навчальних закладів.

Відповідно до сервісної моделі ХОСН, підходом для забезпечення єдиної автентифікації є використання інтеграції баз облікових записів користувачів на основі протоколів авторизації (наприклад, OAUTH). Він не вимагає повторення процедури автентифікації користувача, натомість при доступі до ресурсів здійснює його авторизацію за допомогою механізму токенів. Удосконалення безпеки навчального закладу можливе за умови використання двофакторної авторизації. Провідні провайдери хмарних платформ можуть надати обидві з вищезгаданих технологій. Єдина система автентифікації потребує належного обліку дій користувачів при доступі до кожного із сервісів. Користувачі також мають розуміти небезпеку втрати своїх паролів, адже в такому випадку зломисник отримає доступ до усіх ресурсів та даних користувача.

Взявши до увагу дидактичну модель ХОСН зауважимо, що його використання для розвитку компетеностей з інформаційної безпеки має здійснюватися неперервно та поетапно впродовж усього терміну підготовки студента. На першому етапі пропонуємо розвиток компетентностей у процесі використання засобів захисту комп'ютерних мереж. Третій етап варто організувати як дослідження студентами рівня кібербезпеки власних інформаційних систем. Перший етап доцільно реалізувати на бакалаврському, а другий – на магістерському рівні підготовки вчителів інформатики.

Вивчення засобів захисту комп'ютерних систем має передбачати відповідну теоретичну та прикладну підготовку майбутнього вчителя інформатики. Розвиток відповідних компетентностей може здійснюватися під час вивчення практично всіх дисциплін професійної підготовки. Безпосереднє навчання

основам інформаційної безпеки можливе в процесі вивчення окремих «класичних» курсів («операційні системи», «теорія інформації і кодування», «комп'ютерні мережі та інтернет», «програмування», «методика навчання інформатики»), а також комп'ютерної, виробничої, педагогічної та науково-педагогічної практик, у процесі написання курсових та кваліфікаційних робіт.

Важливими поняттями дисципліни «операційні системи» в контексті кібербезпеки вважаємо поняття процесу, файла, сеансу роботи користувача. На їх основі можна формувати компетентності щодо захисту операційних систем від вірусів. Теоретичні положення про типи вірусів і способи захисту від них доцільно підкріплювати практичними завданнями. Вивчення та знешкодження вірусних загроз варто здійснювати, організувавши віртуальні лабораторії в академічній хмарі університету.

Базовою дисципліною для розвитку компетентностей з кібербезпеки є «Комп'ютерні мережі». Фундаментальним поняттям курсу, яке стосується кібербезпеки, є модель відкритих систем OSI. На її основі в студентів варто формувати розуміння принципів передавання даних у локальних мережах та інтернеті. Належне засвоєння основ функціонування стеку протоколів TCP/IP є основою для розвитку навичок щодо фільтрування даних у складених мережах. Зазначені питання доречно вивчати на основі кількох ОС і програм-брандмауерів. При цьому незмінними залишаються принципи фільтрування та критерії, на основі яких приймається рішення про подальшу обробку пакетів та потоків даних. Слід підкреслити важливу роль моніторингу процесів передавання трафіку. З огляду на це в курсі можна передбачити виконання лабораторних робіт, які стосуються вивчення відповідних протоколів та формування навичок аналізу мережного трафіку.

Чимало питань, які стосуються захисту інформаційних систем, можна вивчати в курсі «Адміністрування комп'ютерних мереж». Основними поняттями курсу, які стосуються кібербезпеки, вважаємо: обліковий запис користувача, автентифікація, авторизація, робоча група, домен, сервер, клієнт. Розглядаючи терміни, пов'язані з перевіркою достовірності облікових записів, варто

зупинитися на сучасних підходах забезпечення автентифікації й авторизації (біометрична, двофакторна). У процесі адміністрування мережних сервісів ОС студентам варто демонструвати на прикладі моделі адміністрування ХОСН узагальнений підхід, що передбачає аналіз журналів ОС, у яких здійснюється фіксування подій щодо функціонування системних сервісів, аудиту діяльності користувачів, встановлення програмного забезпечення. Робота з журналами подій в ОС є важливим складником фахової компетентності фахівця в контексті здійснення ним моніторингу та протидії кіберзагрозам.

Підходи до централізованого адміністрування комп'ютерних систем можна ілюструвати на прикладі доменних мережних структур. Поряд зі значними перевагами доменна модель забезпечення доступу до мережних ресурсів несе суттєві безпекові недоліки. Незважаючи на те, що деякі протоколи автентифікації в домені використовують ключі шифрування та передбачають обов'язкове підтвердження достовірності користувача третьою стороною, саме вдала кібератака на контролери домену може призвести до виведення з ладу всіх комп'ютерів мережі. Централізована модель адміністрування доменів може бути детально продемонстрована на прикладі доменних служб Active Directory. Як відомо, усі об'єкти доменів містяться в ієрархічній базі даних – LDAP-каталозі. До його структурних одиниць – контейнерів – може бути застосовано політику безпеки. Безпекові аспекти мають бути присутні й у процесі вивчення інтернет-сервісів (веб, поштові, ftp-сервери). Крім моніторингу та статистики їх функціонування, студентам можна запропонувати виконати конфігурування їх додаткових модулів, які, наприклад, забезпечують захист від спаму та вірусних атак. Як уже неодноразово підкреслювалося, продуктивним підходом до вивчення курсу «Адміністрування комп'ютерних мереж» є використання проєктних методик. Виконуючи навчальний проєкт, студенти налаштовують власні сервери. В учасників проєктів слід формувати переконання та уміння здійснювати резервне копіювання власних ОС.

Значна роль у розвитку компетентностей з інформаційної безпеки належить курсу «Методика навчання інформатики». У зазначеному курсі доречно

приділяти увагу підготовці студентів до критичного оцінювання ресурсів інтернету. Відповідні навички дають змогу учителю інформатики уникати чималої кількості інформаційних загроз, а також формувати навички безпечної інформаційної діяльності в учнів. Важливими складовими ІК-компетентності вважаємо усвідомлення студентами фактів про те, що опубліковані в інтернеті відомості про особу будуть доступними для всіх незалежно від бажання їх власника, а видалити відповідні дані буде практично неможливо. Студентам варто пояснювати та демонструвати на прикладах феномен «цифрової тіні» користувача, яка створюється внаслідок інформаційно-пошукової діяльності в інтернеті. Вона формується без участі власника інформації й накопичується щоразу, коли відбувається пошук відомостей про користувача, у процесі електронного поштового розсилання, при індексації пошуковими системами сторінок з інформацією про особу.

Дослідження студентами захищеності власних інформаційних систем (другий етап підготовки) можливе у варіативній частині циклу професійної підготовки освітньої програми. Останній підхід вважаємо більш доцільним, оскільки він вимагає як сформованої фахових компетенцій щодо програмування та адміністрування, так і наявність досвіту та здійснення аналітичної діяльності.

Зокрема поглиблене вивчення питань кібербезпеки доцільно здійснювати з використанням так званих задач на проникнення. Їх суть полягає в моделюванні способів випробування засобів захисту інформаційної системи. У процесі тестування на проникнення студент виконує роль зловмисника, який намагається порушити інформаційну безпеку мережі замовника. Виконання зазначених тестів дає змогу оцінити рівень захищеності мережі або вебресурсу та виявити вразливості, які може використати зловмисник. Перевагами задач на проникнення є: значна достовірність виявлених вразливостей, наочність отриманих результатів, практичний характер навчання. Недоліками зазначеної методики можна вважати: неможливість дослідження студентом дій більш

компетентного зловмисника, недостовірність результатів, які свідчать про відсутність загроз, низький ступінь автоматизації [235].

Тестування на проникнення можна здійснювати й у формі змагань [234]. Незалежно від форми організації з метою надання здобувачам повсюдного доступу, убезпечення від потенційних загроз і забезпечення відтворюваності експериментів виконання задач на проникнення доцільно здійснювати у одній або кількох хмарних лабораторіях.

Перед початком тестування студентам надають схему та опис ІТ-інфраструктури. У подальшому вони виконують дослідження вразливостей, пов'язаних з роботою мережних сервісів, криптографічних механізмів, помилками конфігурації, а також з людським фактором.

Студентам можна запропонувати виконання таких типів задач на проникнення.

1. Перехоплення даних автентифікації, які передаються через незахищені протоколи.
2. Одержання даних про ОС Linux сервера терміналів, на основі відомих даних автентифікації
3. Дослідження на вразливість вебсайту, який розміщено на VM, копіювання його бази даних.
4. Дослідження журналу подій сервера, з метою виявлення підбору пароля користувача.
5. Пошук та моніторинг відкритого мережного порта інтернет-сервера.
6. Отримання та розшифрування бази даних користувачів поштового сервера.
7. Пошук користувача ОС Windows, що видалив файл із спільного мережного ресурсу.

Відповідно до дидактичної моделі ми продовжили імплементацію МВОК-курсів у хмарні лабораторії. Зокрема, у мережній академії Cisco доступним є широкий спектр курсів з кібербезпеки різного рівня. Коротко опишемо їх.

- «Introduction to Cybersecurity» («Вступ до кібербезпеки»). Це ознайомчий курс українською мовою, що не потребує акредитації викладача. На нашу

думку, його доречно запропонувати до проходження студентам у дисципліні «Методика навчання інформатики». У подальшому вони зможуть використати цей курс у навчанні шкільного курсу інформатики.

- «Cybersecurity Essentials» («Основи кібербезпеки»). Базовий курс, що локалізовано українською мовою. Він може бути впроваджено як пропедевтичний модуль відповідної нормативної або вибіркової дисципліни. Також можливе його проходження в курсі методики навчання інформатики з подальшим викладанням у профільному курсі інформатики у закладах середньої освіти.
- «CCNA Cyber Ops» («CCNA Кібер-операції»). Професійний курс, що доступний англійською мовою. Вимагає попереднього навчання та акредитації викладача. У курсі реалізовано чимало засобів віртуалізації для моделювання процесів мережних атак та захисту від них. Ще кілька років тому, для навчання такого курсу необхідним було розгортання академічної хмари в університеті.
- «Network Security» («Безпека мережі»). Професійний курс, також доступний англійською мовою. Основним його завданням є розвиток навичок, необхідних для проектування, впровадження та підтримки безпеки для мережевих пристроїв і забезпечення їх цілісності. Для проходження курсу дуже бажаним є попереднє завершення курсів CCNA1 та SWRE.

Нами для імплементацію у лабораторію з кібербезпеки (CL-CYBER) був обраний курс «Кібер-операції» [212]. Враховуючи, що курс «Кібербезпека» входить до освітньо-професійної програми підготовки магістерського ступеня [98], вважаємо, що вибір є обґрунтованим та забезпечить формування в магістрантів фахових компетентностей з кібербезпеки. Зокрема, програмними результатами курсу вважаємо такі:

- розуміння сутності системи заходів з кібербезпеки задля забезпечення захищеності мережної інфраструктури;
- усвідомлення ролі аналітичної діяльності для забезпечення кібербезпеки

на підприємстві;

- здатність класифікувати мережні атаки та аналізувати роботу мережних протоколів і служб;
- знання функцій та характеристик операційних систем Windows та Linux, які необхідні для аналізу кібербезпеки;
- уміння розгортати та встановлювати віртуальні машини з метою створення безпечного середовища для реалізації та аналізу загроз кібербезпеці;
- навички використання інструментів моніторингу мережі для виявлення атак на мережеві протоколи та служби;
- використання різних методів для запобігання зловмисному доступу до комп'ютерних мереж, хостів і даних;
- розуміння впливу криптографії на моніторинг безпеки мережі;
- уміння досліджувати вразливості кінцевих пристроїв;
- здатність використовувати моделі реагування на інциденти для виявлення та знешкодження шкідливого програмне забезпечення;
- навички конфігурування сповіщень про вторгнення в мережну інфраструктуру.

Навчання в курсі відбувається за методикою комбінованого навчання. У ній переважала самостійна дистанційна робота студентів. Консультації викладача здійснюються як очно, так і в режимі онлайн.

Оригінальний курс пропонує до вивчення 13 тем, матеріал деяких з них був розглянутий у інших курсах як академії Cisco (NDG Linux, CCNA1, SWRE), так і дисциплін освітньо-професійної програми («Операційні системи», «Комп'ютерні мережі»). З огляду на це зміст курсу становитимуть такі теми:

1. Мережні атаки.
2. Захист мережі.
3. Криптографія та інфраструктура відкритих ключів.
4. Безпека та аналіз кінцевих точок.
5. Моніторинг безпеки.
6. Аналіз даних про вторгнення.

7. Реагування на інциденти та врегулювання.

Кожна із наведених тем містить огляд термінів і концепцій, тест, лабораторні роботи та іспит.

Імплементация курсу в хмарну лабораторію пов'язана з проблемою організації лабораторних робіт. Cisco Network Academy пропонує виконувати їх на віртуальних машинах студентів або в середовищі NetLab від партнера компанії NDG. Такий підхід є виправданим, проте обмежує універсальний і повсюдний доступ студентів до навчання. Перевагами використання середовища NetLab є її надійність, оптимізованість для виконання конкретних лабораторних робіт, відсутність необхідності супроводу. Проте недоліки середовища також суттєві. Зокрема, це часові обмеження на виконання лабораторних робіт, відсутність засобів для збереження станів VM, наперед визначений характер робіт, що не орієнтований на експерименти студентів, ізолюваність мереж учасників курсу, і, як наслідок, неможливість їх співпраці між собою та з викладачем. Крім того, термін дії ліцензії курсу CCNA Cybersecurity Operations завершився і він не є доступним для придбання чи поновлення після 20 березня 2022 року. Наявні лабораторії NetLab видаляються з порталу NDG після 1 листопада 2022 р.

Зазвичай у хмарній 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. Саме завдяки використанню технології віртуалізації в лабораторії CL-CYBER розгорнуті ОС та мережі, що максимально точно моделюють роботу їх реальних відповідників.

З огляду на це було вчергове модифіковано інфраструктуру ХОСН. Ми розподілили її на близько 100 віртуальних мереж так, щоб кожен магістрант міг приєднати свої віртуальні комп'ютери та інші пристрої в особистій або кількох гостьових мережах.

Аналогічно до курсу «Комп'ютерні мережі», задля візуалізації об'єктів вивчення ми використали платформу Unetlab (EVE-NG). Такий варіативний

підхід не обмежує студентів у виборі засобів. Тобто у них існує можливість виконувати роботи і в оригінальному середовищі NetLab, і на віртуальних комп'ютерах, що працюють на власних пристроях.

Отже, у лабораторії CL-CYBER було створено шаблони таких VM:

- робоча станція CyberOps (на основі ОС Arch Linux);
- Kali Linux – дистрибутив Linux, що призначений для тестування на проникнення;
- Security Onion (на основі Ubuntu Linux) – це відкритий дистрибутив Linux для пошуку загроз, моніторингу безпеки та керування журналами подій;
- екземпляр ОС Metasploitable, який використовується для отримання доступу до вразливої цілі;
- ОС Windows, який використовується клієнт.

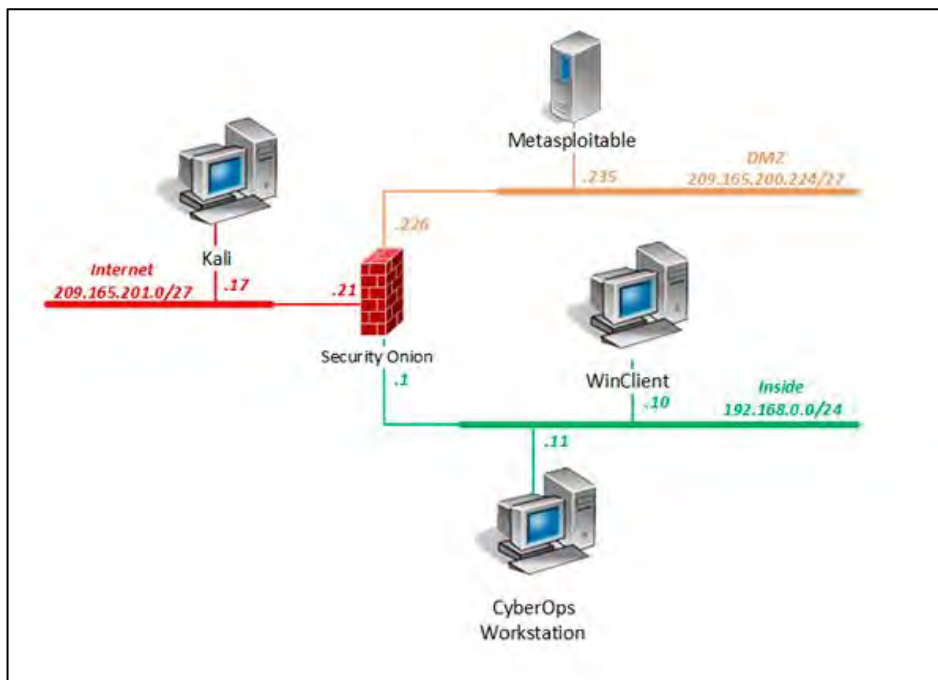
Загалом у курсі є понад 20 лабораторних робіт. Наведемо теми тих з них, які виконуються здобувачами у лабораторії CL-CYBER:

1. Тема «Мережні атаки»: роботи «Вивчення трафіку DNS», «Атака на базу даних MySQL», «Опрацювання журналів сервера».

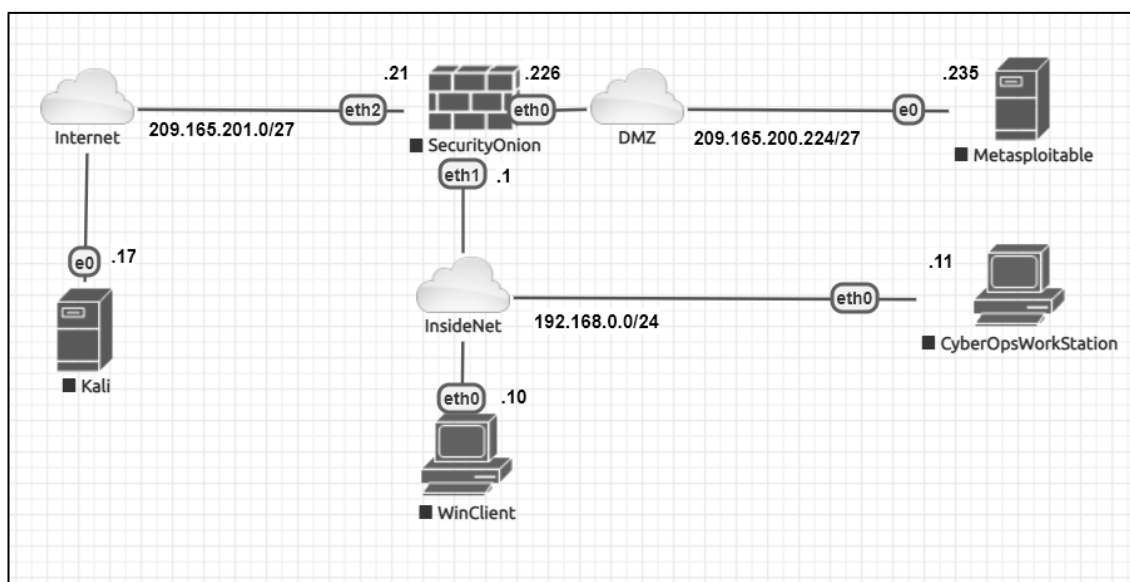
2. Тема «Криптографія та інфраструктура відкритих ключів»: роботи «Створення кодів», «Шифрування та дешифрування даних за допомогою OpenSSL», «Шифрування та дешифрування даних за допомогою інструментів хакера», «Вивчення протоколів Telnet і SSH у Wireshark», «Хешування даних», «Створення центру сертифікації».

3. Тема «Аналіз даних про вторгнення»: роботи «Правила Snort і Firewall», «Перетворення даних в універсальний формат», «Робота з регулярними виразами», «Отримання даних з файла PCAP», «Інтерпретація даних HTTP і DNS для ізоляції загрози», «Ізольований скомпрометований хост із використанням 5-кортежу».

На рис. 4.6.1 зображено типову топологію мережі, що використовувалася в більшості наведених лабораторних робіт. Вона реалізована на платформі EVE-NG та відповідає оригінальному взірцю з платформи NetLab.



a)



б)

Рис. 4.6.1. Базова топологія мережі лабораторії CL-CYBER, реалізована на платформах NetLab (a) та EVE-NG (б)

Кожна з цих машин була доступна у інфраструктурі ХОСН. Як наслідок, студенти можуть працювати з усіма ВМ у локальній мережі університету або через VPN-з'єднання.

4.3.4. Використання ХОСН у процесі вивчення електронних систем відкритого доступу

Серед проблем цифрової трансформації освіти останнього десятиліття однією з найважливіших є брак висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно виконувати широке коло освітніх, організаційних, методичних, наукових і технічних завдань. Відповідно університети й науково-дослідні установи розробляють освітньо-професійні та освітньо-наукові програми «Інформаційно-комунікаційні технології в освіті» для другого (магістерського) та третього (доктор філософії) рівнів вищої освіти. Для цих програм однією з базових залишається спеціальність 014.09 «Середня освіта. Інформатика», оскільки за її освітньо-професійними програмами здійснюється підготовка фахівців на бакалаврському рівні. Як було проаналізовано в першому розділі, зазначені програми спрямовано на розвиток фахових, зокрема цифрових (інформаційно-комунікаційних) компетентностей здобувачів. Щодо підготовки майбутніх магістрів і докторів філософії, то тут визначальними є їхні інформаційно-дослідницькі компетентності.

Під інформаційно-дослідницькою компетентністю викладача та науково-педагогічного працівника розуміють сукупність професійних, інформаційних, комунікативних, особистісних якостей науковця, що дозволяють йому свідомо та цілеспрямовано працювати над розв'язанням професійних завдань і досягати значних результатів у їх вирішенні як у науковому, так і в навчально-виховному процесі [38]. Вона виявляється в здатності використовувати інформаційно-цифрові технології для здійснення пошуку, збирання, опрацювання, аналізу та представлення наукових даних відповідно до методології наукового дослідження; забезпечувати комунікацію, співробітництво та навчання інших; розвивати вміння використовувати сервіси електронних науково-освітніх систем для інформаційно-аналітичної підтримки науково-педагогічних досліджень, моніторингу та оцінювання наукових результатів [17]. У контексті дослідження варто зазначити, що розвиток інформаційно-дослідницької компетентності компетентності магістрів освітньої галузі та докторів філософії має бути

спрямований на формування в них здатності використовувати хмарні технології (зокрема і складники ХОСН) для здійснення різних видів дослідницької діяльності (пошук, збирання, опрацювання, аналіз і представлення наукових даних); свідомо й цілеспрямовано працювати над розв'язання професійних завдань; продукування нових суспільно-значущих знань з метою впровадження їх у практику освіти та науки.

Ефективний розвиток інформаційно-дослідницької компетентності передбачає реалізацію системи педагогічних умов [158]:

- розвиток інформаційно-цифрового (зокрема і ХОСН) середовища закладу освіти, що дозволить ефективно реалізувати можливості та інтереси магістрів, сприятиме розвитку їхньої інформаційно-дослідницької компетентності;
- відкритий доступ до нових джерел інформаційних ресурсів і мереж інформації для розширення джерельної бази психолого-педагогічних досліджень;
- розроблення та впровадження системи семінарів, спецкурсів, майстер-класів із використанням різних хмаро орієнтованих сервісів.
- розвиток наукової комунікації та механізмів її реалізації на різних рівнях – кафедри, закладу вищої освіти, всеукраїнському та міжнародному, а також оновлення змісту відповідних дисциплін, зокрема і через опанування здобувачами сучасних цифрових засобів.

Складники інформаційно-дослідницької компетентності присутні в рамковому документі Європейського Союзу DigiComp та моделі цифрових спроможностей Jisc. У документі DigiComp вони стосуються таких складників ІКТ-компетентності [220]:

- інформаційна грамотність (навички роботи з інформацією, зокрема її критичне оцінювання);
- комунікація та взаємодія (знання мережевого етикету, навички спілкування, надання доступу, робота з обліковими записами);
- цифровий контент (навички створення цифрового контенту, зокрема й

сучасними засобами розроблення);

- безпека (усвідомлення ризиків застосування цифрових технологій і вміння захистити свої пристрої та контент);
- розв'язання проблем (здатності добирати засоби й оперативно та відповідально розв'язувати широке коло проблем (технічних, організаційних, наукових, освітніх).

Модель Jisc, розроблена в Британському комітетом з інформаційних систем (Joint Information Systems Committee) також містить схожі здатності [241]:

- функціонального володіння засобами ІКТ;
- критичної роботи з даними;
- створення цифрового контенту, розв'язання проблем та інноваційне створення контенту
- спілкування, співпраця та партнерство засобами цифрових технологій
- саморозвитку через оволодіння новими засобами ІКТ;
- самореалізації та забезпечення цифрового добробуту.

Результати досліджень [148], [178], [293] свідчать, що моделі можуть бути імплементовані в освітніх програмах підготовки магістрів середньої освіти. Одним з провідних чинників розвитку інформаційно-дослідницької компетентності магістрантів спеціальності «014.09 Середня освіта (Інформатика)» є використання ХОСН, яке має бути інтегроване з цифровим освітньо-науковим середовищем університету. Відповідно до дидактичної моделі доцільно, щоб здобувачі використовували його складники впродовж усього терміну навчання. На перших курсах бакалаврату вони використовують сервіси (єдину систему автентифікації, академічну хмару, систему управління навчанням, електронну бібліотеку). Поступово опановуючи їх та усвідомлюючи їхні переваги та недоліки, магістранти долучаються до вивчення цих засобів, супроводу наявних і розгортання нових. Магістранти, що брали участь у цих проєктах, виконували такі роботи:

- обслуговування ІТ-інфраструктури факультету;
- інтеграцію комбінованої академічної хмари факультету (платформи

Google Workspace for education, Microsoft 365, Apache Cloudstack, Proxmox VE);

- розгортання хмарних сервісів для закладів загальної середньої освіти;
- розроблення програмних засобів для підтримки діяльності користувачів ІТ-інфраструктури;
- додавання матеріалів та оптимізацію електронної бібліотеки факультету.

Залучення студентів до зазначених видів діяльності передбачає гармонійне поєднання таких чинників, як аналіз наявного досвіду в обраній галузі, визначення змісту та методів дослідження, якісне його проведення на науковому та технічному рівнях, апробація та статистичний аналіз результатів.

Як відомо, визначальною рисою освіти XXI століття є її відкритість. Науковці характеризують сучасну педагогіку як цифрову та гуманістичну [13]. Відповідно обґрунтованим можна вважати припущення завдання впровадження та супроводу електронних систем відкритого доступу будуть одними з головних, які постануть перед майбутніми магістрами спеціальності «Інформатика». З огляду на це доречним є вивчення та використання зазначених засобів у хмаро орієнтованому середовищі ЗВО.

Нині під відкритим доступом розуміють безкоштовний, постійний, повнотекстовий доступ у режимі реального часу до наукових і навчальних матеріалів, який отримують користувачі мережі інтернет. Відповідно інформаційні системи, які забезпечують створення та розповсюдження освітніх і наукових ресурсів, є системами відкритого доступу.

У дослідженні [144] визначено види електронних систем відкритого доступу, які найбільш доцільно використовувати для інформаційно-аналітичної підтримки науково-педагогічних досліджень, а саме: електронні бібліотеки, електронні відкриті журнальні системи, електронні бібліометричні системи, інформаційно-аналітичні системи відкритого доступу, відкриті конференційні платформи. Авторами розроблено модель застосування зазначених систем для інформаційно-аналітичної підтримки наукової діяльності.

В освітніх програмах магістерського рівня, які було проаналізовано в параграфі 1.3, присутні фахові компетентності, що безпосередньо стосуються проєктування, впровадження та використання електронних систем відкритого доступу. Наведемо деякі з них:

- здатність аналізувати процеси проєктування, розроблення програмних комплексів, баз даних, вебдодатків, апаратних засобів комп'ютерно-інформаційних систем;
- здатність будувати моделі інформаційних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння цих явищ;
- здатність розробляти та впроваджувати комп'ютерні програми (технології) та використовувати наявні;
- здатність проєктувати програмні комплекси, бази даних, вебдодатки за допомогою відповідного програмного та комп'ютерного технічного забезпечення, здійснювати налаштування та адміністрування комп'ютерних мереж, у тому числі навчальних комп'ютерних мереж, визначати методику пошуку ефективного технічного рішення;
- здатність проводити наукові дослідження у сфері теорії та методики викладання комп'ютерних наук та інформаційних технологій, формулювати (у формі презентації чи звіту) нові гіпотези та наукові задачі в галузі інформатики, вибрати належні напрями та відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси;
- здатність здійснювати програмно-технічний супровід елементів електронного навчання та вміння використовувати для цього відповідні інформаційні системи й хмарні технології;
- здатність використовувати ІКТ для більш ефективного втілення різноманітних стратегій оцінювання навчального процесу;
- знання принципів використання сучасних інформаційних баз даних, зокрема, електронних фондів бібліотек і поширених сервісів інтернету для власного фахового розвитку та реалізації принципів неперервної освіти;
- здатність до самостійної науково-дослідної діяльності, кваліфікованого

узагальнення наукових і експериментальних даних, самостійної підготовки публікацій у вітчизняних та зарубіжних виданнях.

Як наслідок, оволодіння випускником ЗВО магістерського рівня зазначеними компетентностями дають йому можливість обіймати інші посади, окрім викладача або вчителя. Зокрема, науковий співробітник, консультант з проблем інформатики, інженер-програміст, системний адміністратор, фахівець з інформаційних технологій, фахівець із проектування та впровадження сучасних мережних технологій і засобів розподілених баз даних.

Важливими в сучасному світі є і підприємницькі компетентності майбутніх магістрів освіти. У дослідженні [57] розроблено модель формування таких компетентностей майбутніх інформатиків, що передбачає:

- знання результатів наукових досліджень в обраній галузі діяльності;
- розуміння процесу отримання нових знань;
- вміння самостійно інтерпретувати нові дані;
- здатність активно сприяти процесу розвитку знань;
- уміння формулювати власну думку, ґрунтуючись на критичному осмисленні даних, займати активну соціальну позицію;
- уміння розробляти та впроваджувати ІТ-проекти;
- уміння проводити підприємницьку діяльність у галузі ІТ.

Розглянемо особливості вивчення електронних систем відкритого доступу в процесі підготовки майбутніх магістрів середньої освіти в галузі інформатики. Навчання проектуванню електронних систем відкритого доступу передбачає попередню підготовку бакалаврів, яку зазвичай здійснюють у межах базових курсів «Основи інформатики», «Операційні системи», «Комп'ютерні мережі», «Вебпрограмування», «Методика навчання інформатики». На другому (магістерському) рівні підготовки доцільним є розгляд відповідних питань у межах курсів «Комп'ютерні інформаційні технології в освіті і науці», «Основи наукових досліджень», «Методика навчання інформатики у вищій школі» та спецкурсів, наприклад «Управління електронними системами відкритого доступу», «Адміністрування освітніх комп'ютерних систем» тощо. Оскільки в

попередніх параграфів для багатьох із зазначених курсів було розроблено складники методики використання ХОСН, то можна вважати доцільною його застосування й у процесі вивчення електронних систем відкритого доступу. Зокрема, для ефективного навчання впровадженню та використанню електронних систем відкритого доступу доцільно організувати повноцінне моделювання студентами всіх організаційних і технологічних наукових процесів. Пропонуємо утворити групи з кількох магістрантів, кожна з яких має спроектувати, розгорнути, налаштувати власні електронні бібліотеки, електронні відкриті журнальні системи, електронні бібліометричні системи, інформаційно-аналітичні системи відкритого доступу, відкриті конференційні платформи. Реалізацію таких завдань можна забезпечити надавши кожній групі студентів власний віртуальний сервер, який слід встановити в академічній хмарі університету.

Оскільки нами передбаченні завдання стосовно організації магістрантами власних електронних систем відкритого доступу, то важливими є попередньо сформовані професійні компетентності у галузі операційних систем та комп'ютерних мереж, зокрема:

- знання апаратних та програмних складових комп'ютерних мереж та інтернету;
- розуміння принципів передавання даних засобами мережних протоколів;
- уміння використовувати програми-браузери;
- навички встановлювати та конфігурувати програмні сервери основних ОС (вебта FTP-сервери, сервери СУБД);
- уміння аналізувати системні журнали щодо помилок функціонування програмних сервісів ОС;
- уміння опрацьовувати технічну документацію, зокрема й англійську;
- навички онлайн-спілкування на форумах технічної підтримки та соціальних мережах.

Як показує досвід, розгортання реальних систем відкритого доступу доцільно проводити впродовж таких етапів [52]: прогностичного, підготовчого,

технічного, організаційного, практичного, узагальнювального, перспективного. Тому в змісті навчання в ХОСН можна виділити такі складники, як інформаційно-моделювальний, технологічний, науковий, організаційно-педагогічний, аналітичний. Відповідно до кожного з цих складників доречно здійснювати формування таких фахових компетентностей:

- здатність до проектування структури віртуальної бібліотеки, визначення метаданих матеріалів;
- вміння формулювати критерії для оцінювання якості дослідних робіт інших студентів;
- здатність готувати та завантажувати до зібрань бібліотеки власні навчальні матеріали та наукові дослідження;
- можливість забезпечити комунікацію та співробітництво, завдяки публікації матеріалів у віртуальній бібліотеці.

Вивчення електронних бібліотечних систем є доцільним на основі популярних платформ для організації репозитаріїв – систем DSpace або EPrints. Встановлюючи електронну бібліотечну систему на віртуальний комп'ютер у ХОСН, магістрант має опанувати встановлення необхідного програмного забезпечення, створення бази даних, налаштування вебсервера, конфігурування та компіляція пакету платформи; локалізація системи. У подальшому варто зупинитися на формуванні навичок щодо створення ієрархічної структури бібліотеки, (зібрань та колекцій); визначення шаблонів та введення метаданих для них; визначення нових та редагування наявних типів метаданих; додавання матеріалів до різних колекцій, коректне введення метаданих; конфігурування повнотекстового пошуку; налаштування бібліотеки для роботи з протоколами обміну метаданих.

Важливими поняттями термінології електронних бібліотек є метадані, їх схеми та реєстри, протоколи обміну метаданими, ідентифікатори ресурсів. Варто зупинитися на понятті робочого процесу — поетапного додавання матеріалів. Зокрема, слід з'ясувати, що процес може бути припинений та відновлений автором або редактором матеріалу на будь-якому доступному йому кроці, а після

завершення додавання матеріалу повноваження змінити його метадані та файли має лише адміністратор.

Підходом, що заслуговує на увагу, є формування у дослідному зразку електронної бібліотеки цифрового портфоліо магістранта як майбутнього науковця. У подальшому відповідні матеріали може бути експортовано в реальні репозитарії. До кращих зразків зазначених ресурсів можна надати відкритий доступ, опублікувавши їх в інтернеті.

Компетентності щодо управління електронною бібліотекою можуть бути розвинені через виконання завдань: створення облікових записів користувачів, призначення їм потрібних повноважень (адміністратор, редактор зібрання колекції), аналіз впливу повноважень на робочий процес, конфігурування експорту-імпорту між дослідними зразками бібліотек, а також налаштування додаткових модулів (статистики, пошуку). Як завдання для самостійного опрацювання здобувачам можна запропонувати питання стосовно розроблення власного інтерфейсу, пошукової оптимізації бібліотеки, резервного копіювання, підвищення захищеності сервера, перенесення її матеріалів.

Розглядаючи підготовку магістрантів до використання електронних відкритих журнальних систем слід нагадати, що їх реалізація можлива на основі програмних платформ із відкритим вихідним кодом, що забезпечують організацію та децентралізоване дистанційне управління повним циклом редакційно-видавничого процесу електронних наукових журналів. На основі порівняльного аналізу науковці визначають платформу Open Journal System (OJS) як найбільш функціональну та доцільну до використання в науково-дослідних установах та закладах вищої освіти [38].

Аналогічно до відкритих бібліотечних систем, пропонуємо встановлювати дослідні взірці платформи OJS на віртуальних серверах студентів у ХОСН. На основі роботи з такими взірцями можна здійснювати підготовку магістрантів до впровадження електронних наукових журналів. Логіка навчання може відповідати поетапності реального впровадження електронного журналу, проте деякі етапи потребують модифікації та врахування специфіки освітнього

процесу. Прогностичний етап варто обмежити аналізом наявних зразків електронних журналів, виділенням їх функціональних, редакційних та організаційних особливостей. Доречно пропонувати до розгляду близькі за змістом підготовки студентів вітчизняні та зарубіжні видання.

На організаційному етапі варто визначитися, хто з магістрантів буде виконувати роль редакторів видання. З метою опанування ролей усіх користувачів електронної відкритої журнальної системи можна використати перехресну схему розподілу учасників у групах. Тобто один і той же студент виконуватиме ролі адміністратора ОС, адміністратора платформи OJS, веброзробника та дизайнера, редакторів, менеджерів, коректорів, рецензентів. Враховуючи значну кількість ролей платформи, а також той факт, що OJS підтримує функціонування кількох журналів, існує можливість зменшення екземплярів інсталяції. Також варто зауважити, що процеси подання, рецензування, літературного редагування, коректури, макетування та публікації статей у навчальній моделі електронної відкритої журнальної системи не відображатимуть усієї специфіки роботи з реальним електронним виданням.

Задачі, які виконуватимуть студенти на технічному етапі встановлення системи OJS, багато в чому схожі до відповідних завдань у випадку інсталяції бібліотечних платформ DSpace або EPrints. Специфіка полягатиме в роботі з об'єктами системи OJS, розподілі повноважень користувачів, а також у встановленні та конфігуруванні додаткових модулів системи. Для виконання цих завдань у магістрантів мають бути розвинені компетентності в галузі інформаційних систем, адміністрування комп'ютерних мереж та баз даних, здатність опрацьовувати значні обсяги англійської технічної документації.

На практичному етапі студенти виступають у ролі користувачів і технічної команди електронного журналу. Їм варто запропонувати підготувати до завантаження кілька власних публікацій. Виконання рецензування має на меті удосконалення навичок критичного оцінювання публікацій, опрацювання наукових і експериментальних даних, самостійної підготовки публікацій у вітчизняних та зарубіжних виданнях. Узагальнюючий етап можна присвятити

інтеграції встановленого екземпляру платформи з іншими електронними системами відкритого доступу. Суттєвим недоліком запропонованої нами методики є практична неможливість здійснення пошукової оптимізації платформи OJS та реєстрації електронного журналу в інформаційно-пошукових системах.

Для підвищення практичної значущості навчання доцільно використати проєктний метод. Його метою може бути організація реального електронного журналу у форматі паралельного видання. У цьому випадку необхідними є залучення до проєкту викладачів, фахівців бібліотечної справи та студентів. Також у випадку досягнення успішного результату проєкту виникнуть чимало питань стосовно подальшого супроводу електронного видання. Їх вирішення можливе через організацію та проведення системи тренінгів щодо підготовки професорського викладацького складу, бібліотечних працівників та ІТ-фахівців.

Відкритий доступ до наукових публікацій є лише одним зі складників концепції відкритої науки. Вона відображає новий підхід до наукового процесу, що базується на спільній роботі та способах поширення наукових знань шляхом використання цифрових засобів. Відкрита наука охоплює багато різних, але часто взаємопов'язаних аспектів, що впливають на весь життєвий цикл дослідження, включаючи відкриту публікацію, відкриті дані, відкрите програмне забезпечення, відкриту експертну оцінку, відкрите поширення тощо [328]. Науковці та дослідницькі організації бачать у відкритій науці способи пришвидшити, покращити якість власної діяльності.

Такі складники як віртуальні лабораторії, віртуальні дослідницькі спільноти відповідають принципам інтегрованого доступу до ресурсів дослідницької спільноти. Окрім публікації статей, вони забезпечують доступ до інших важливих компонентів досліджень, таких як дані, інструменти для спільної роботи, робочі процеси, прилади та високопродуктивні обчислення, розроблене програмне забезпечення тощо. Тобто наукові знання, що надаються засобами цифрових засобів, стають аналогічними до обчислювальних ресурсів хмарних технологій. Однією із сучасних розробок таких цифрових засобів, що

реалізує підходи повсюдного доступу до наукових знань, є загальноєвропейська дослідницька інформаційна система OpenAIRE (Open Access Infrastructure for Research in Europe). Метою її проектування є надання науковцям послуг для пошуку, зберігання, зв'язування та аналізу результатів досліджень з багатьох галузей. Платформу побудовано на основі концепції «Відкрита наука як послуга» (OSaaS). Концепція OSaaS є відповідником сервісних моделей хмарних технологій, а сервіси OpenAIRE надають готові інструменти для розгортання наукових досліджень на вимогу. OpenAIRE пропонує доступ до таких сервісів:

- OpenAIRE Content Provider Dashboard – це вебсервіс для взаємодії постачальників даних (сховищ, архівів даних, журналів, агрегаторів) з платформою OpenAIRE. Сервіс забезпечує зовнішній доступ до платформи.
- OpenAIRE-Connect – сервіс для оцінки результатів досліджень. Метою його впровадження є сприяння відтворюваності науки. Для дослідницьких спільнот він забезпечує екосистему наукового спілкування для обміну артефактами між постачальниками контенту.
- OpenAIRE Research Community Dashboard пропонує на вимогу науковців шлюзи, що забезпечують моніторинг зв'язків між матеріалами наукової спільноти, внесення до сервісу OpenAIRE Zenodo файлів та метаданих, отримання цифрових ідентифікаторів DOI, створення конфігурацій для алгоритмів аналізу текстів, відстеження та повідомлення про результати досліджень фінансових організацій, класифікація понять, візуалізація, отриманих результатів у вигляді графів знань;
- OpenAIRE Mining Service – сервіс, що виконує аналіз матеріалів (зокрема повнотекстових) та їх метаданих. На основі таких обробок він отримує дані про посилання на проекти / гранти та спонсорів; цитати даних або посилання на записи наукометричних баз даних, класифікацію документів за кількома ознаками;
- OpenAIRE Research Graph є однією з найбільших відкритих колекцій наукових записів, що агрегує дані з різних джерел (журнали, репозитарії,

сервіси Crossref, DataCite, ORCID тощо).

Використання платформи в процесі підготовки майбутніх магістрів інформатики дає можливість забезпечити реалізацію таких етапів моделі формування їхньої дослідницької компетентності:

- проєктувального, що передбачає пошук серед даних, методології, методик і технік дослідження;
- інформаційного, який передбачає отримання масиву достовірних і репрезентативних даних;
- аналітичного, який має на меті узагальнення даних, виявлення тенденцій та закономірностей;
- практичного, який передбачає розроблення певних рекомендацій; і власне оприлюднення результатів досліджень та моніторинг результативності.

Збільшення можливості повторного використання дослідницьких метаданих OpenAIRE, підключення їх до інших відкритих даних про проєкти, публікації, науковців та організації, потребує розв'язання проблем, пов'язаних із технічною сумісністю.

Завданнями щодо впровадження зазначеної платформи в освітньо-наукове середовище сучасного університету вбачаємо у створенні профілів викладачів і магістрантів, проєктів, дослідних установ, додаванні власних напрацювань, а також в інтеграції платформи OpenAire із сервісами ХОСН. Необхідною умовою впровадження таких платформ є стимулювання всіх учасників освітнього процесу щодо надання відкритого доступу до своїх наукових даних.

Іншим важливим складником інформаційно-дослідницької компетентності майбутніх викладачів інформатики є здатність до статистичного опрацювання даних. Його результати дають підстави науковцям перевіряти статистичні гіпотези та формулювати обґрунтовані висновки. Процес дослідження безпосередньо взаємопов'язаний з життєвим циклом даних, і їх неможливо розмежувати [365]. Для того щоб керувати різноманітними даними експериментальних досліджень, науковцям варто використовувати сховища або платформи для довгострокового збереження. Такий підхід забезпечить

відтворюваність експерименту завдяки можливості подальшого використання даних академічною спільнотою. Управління зазначеними даними передбачає використання спеціалізованих програмних засобів, зокрема розгортання хмарних сервісів. Найпростішим способом є використання хмарних сховищ, зокрема й тих, що належать до ХОСН (Google Диск, OneDrive) з подальшим посиленням на файли опубліковані у них. Проте такий спосіб має недоліки, пов'язані з обмеженнями детального опису файлів, зокрема створення їх метаданих. Також такі файли зазвичай неможливо знайти в мережі, окрім як за посиленням, наведеним у публікації.

Іншим способом оприлюднення експериментальних даних є їх архівування в інституційних репозитаріях (електронних бібліотеках) поряд із текстом статті. У цьому випадку метадані всього матеріалу буде організовано згідно зі стандартами (дублінське ядро, протокол OAI-PMH), що забезпечить краще індексування та пошук. Водночас такий спосіб не є максимально зручним для науковців, почасти його здійснюють фахівці бібліотек, які забезпечують лише виконання процесу архівування. Крім того, створення та супровід інституційного репозитарію вимагає кваліфікованих ІТ-фахівців і бібліотекарів. Як показують дослідження, існує значний розрив між необхідними та наявними навичками бібліотечного персоналу стосовно управління даними наукових досліджень [226].

З огляду на це ще одним хмарним сервісом, який доцільно використовувати в процесі підготовки майбутніх учителів інформатики магістерського рівня, є Mendeley. Його розробником є всесвітньо відоме видавництво Elsevier. Першочергово Mendeley є платформою управління бібліографічними посиленнями (референс-менеджером) [56]. Його складник Mendeley Data є відкритим сховищем дослідницьких даних. Автори можуть завантажувати до нього сирі та опрацьовані дані досліджень. Він також дозволяє приватно обмінюватися даними досліджень з окремими особами, і, крім того, дані можна публікувати для відкритого обміну. Освітні та наукові установи використовують сервіс для управління різними видами даних [289].

У процесі опанування сервісу магістрантам доцільно запропонувати провести порівняльний аналіз платформ DSpace, Eprints та MendeleyData. Важливим є розуміння подібності робочих процесів цих платформ – початково сформований набір експериментальних даних (як і матеріал електронної бібліотеки) перебуває в неопублікованому стані, який називають чернеткою (draft). У цьому стані автор має можливість змінювати набори даних, зокрема редагувати та видаляти їх складники. Після опублікування набору даних його неможливо видалити. Важливою перевагою сервісу проти електронних бібліотек є те, що опублікований набір даних отримує цифровий ідентифікатор об'єкта DOI. Під час публікації набору даних автор може зазначити дату, після настання якої дані стають доступними (наприклад, щоб вони були доступні одночасно з пов'язаною статтею). Це означає, що опис і файли цього набору даних не будуть загальнодоступними до настання цієї дати ембарго. Тим часом інша інформація про набір даних, така як автори, назва, цитати та пов'язані статті, стає доступною безпосередньо перед цією датою.

Як і бібліотечні платформи, сервіс Mendeley Data підтримує індексацію та поширення всього сховища загальнодоступних записів наборів даних за допомогою стандарту Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH). Це означає, що метадані для всіх наборів даних, опублікованих у Mendeley Data, доступні у відкритому форматі для полегшення великомасштабного отримання та аналізу записів, що підкреслює прихильність його розробників ідеям відкритої науки. У подальшому опубліковані метадані об'єднуються на платформах DataCite (повний індекс метаданих дослідницьких даних) та OpenAIRE.

Депонування даних з використанням сервісу Mendeley Data дає можливість продемонструвати здобувачам низку переваг, серед яких: зростання цитування, зниження ймовірності втрати даних, відтворюваність експерименту і, як наслідок, продовження дослідження іншими науковцями. Імовірно, що публікування досліджень з використанням пропонованих платформ сприятимуть

підвищенню відкритості, прозорості, якості як авторських текстів, так і отриманих у них результатів.

Висновки до розділу 4

У розділі подано структуру та особливості реалізації методики використання ХОСН для розвитку фахових компетентностей майбутніх учителів інформатики, що здобувають освіту на першому та другому ступенях.

Згідно з дидактичною моделлю, на першому ступені вищої освіти доцільним є використання складників ХОСН як засобів організації освітньої діяльності. На основі аналізу освітньо-професійних програм було розроблено зміст і методику курсів «Операційні системи», «Комп'ютерні мережі», «Адміністрування комп'ютерних мереж» та комп'ютерної практики з використанням розгорнутих на основі ХОСН хмарних лабораторій. В основу авторської методики покладено концепцію комбінованого навчання з використанням масових відкритих онлайн-курсів. До зазначених лабораторій було імплементовано:

- авторські навчальні матеріали, опубліковані на університетському сервері електронних курсів;
- теми курсів мережної академії Cisco (NDG Linux; CCNA. Вступ до мереж; CCNA. Основи комутації, маршрутизації та бездротових мереж; DevNet Associate);
- віртуальні комп'ютери та мережі корпоративних хмар, розгорнуті на основі платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE;
- сервіси загальнодоступних хмарних платформ Google Workspace та Microsoft 365.

Вивчення зазначених курсів згідно з авторською методикою передбачає систематичне використання методів групової роботи та проєктів. Імплементация цих методів разом із розгорнутими згідно з концептуальною, технічною та дидактичною моделями ХОСН дозволяє зробити обґрунтоване припущення, що внаслідок вивчення дисциплін студенти:

- отримують досвід використання сучасних цифрових технологій, зокрема

хмарних, для самостійного розв'язання практичних завдань;

- отримують досвід командної роботи та проектної діяльності;
- підвищують рівень власних фахових компетентностей, зокрема щодо вміння використовувати технології загальнодоступних хмарних платформ;
- набудуть навичок публічних виступів і захисту результатів власноруч виконаної роботи.

Вивчення теоретичних основ та адміністрування комп'ютерних мереж доцільно здійснювати в хмарних лабораторіях, що моделюють роботу повнофункціональних пристроїв та ОС. Задля цього було виконано інтеграцію платформи EVE-NG та Apache Cloudstack. Окрім курсу «Комп'ютерні мережі», їх було використано в процесі вивчення засобів автоматизації комп'ютерних мереж. Відповідна хмарна лабораторія містить масовий курс DevNet Associate. Він є сучасною реалізацією інтегрованої дисципліни та може бути впроваджений як спецкурс у навчальні плани підготовки бакалаврів або магістрів спеціальності «014.09. Середня освіта (Інформатика)». Курс дає можливість студентам апробувати на практиці теоретичні знання з мереж і програмування, зокрема з використанням API-інтерфейсів.

На другому магістерському рівні метою використання ХОСН є підготовка здобувачів до створення та розгортання хмарних платформ. З цією метою було розроблено проектну методику залучення магістрантів до розгортання платформи Google Workspace у закладах середньої освіти. Розроблення власних сервісів доцільне в процесі вивчення основ вебпрограмування. Завдяки розробленню на хмарній платформі з'являється можливість ефективно та з мінімальною участю в управлінні інфраструктурою створювати програмні продукти. У дослідженні проаналізовано сервіси та функціональні можливості трьох найпопулярніших хмарних провайдерів: Google Cloud Platform, Windows Azure та Amazon Web Sites.

Основні результати дослідження, викладені в четвертому розділі, відображено в таких публікаціях автора: [130], [92], [82], [108], [95], [65], [127], [1], [90], [89], [93], [124], [341], [182], [267], [179], [335], [388], [338], [73], [71], [74], [68], [78], [79], [84].

РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

5.1. Експеримент щодо оцінювання технологій адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики

З метою верифікації сервісної моделі та розроблених технологій адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики було проведено обчислювальні експерименти. Їх зміст полягав в оцінюванні продуктивності хмарних платформ для визначення кількості здобувачів, що можуть одночасно використовувати віртуальні машини різних типів. Оскільки для розгортання ХОСН було обрано дві платформи, то також було виконано порівняльний аналіз їх продуктивності. Частково поставлене завдання було розв'язано в третьому розділі дослідження.

З метою оцінювання технології розгортання та адміністрування загальнодоступної хмарної платформи Google Workspace було застосовано експертне оцінювання. Оскільки зазначена технологія містить чимало особливостей, які стосуються використання платформи Google Workspace, то розроблені організаційні та технологічні підходи можна поширити й на випадок використання Microsoft 365. Незважаючи на те, що остання платформа є складником авторської ХОСН, вважаємо доцільним дослідження технології розгортання та адміністрування Google Workspace. Підхід є обґрунтованим і з точки зору розроблених у четвертому розділі часткових методик використання хмаро орієнтованої системи навчання в процесі підготовки майбутніх учителів інформатики.

5.1.1. Вимірювання продуктивності хмарних платформ

Експериментальна робота щодо вимірювання продуктивності хмарних платформ здійснювалася з метою перевірки першої часткової гіпотези дослідження. У межах експерименту з тестування продуктивності корпоративних хмарних платформ було створено 16 ідентичних віртуальних

машин (8 на Apache Cloudstack та 8 на Proxmox VE). Вони мали рівноцінні 2-ядерні процесори, однакові обсяг оперативної пам'яті (2 Гб) і розмір дисків (14 Гб). На всіх цих віртуальних машинах було встановлено одну й ту ж ОС – Ubuntu 20.04 Server.

Було проведено такі тести на реальних задачах:

Ab — це інструмент для порівняльного аналізу вебсервера Apache. Ab використовувався для вимірювання часу, необхідного системі для відповіді на запит від вебклієнта. Тест оцінював час відповіді кожної віртуальної машини шляхом вимірювання кількості запитів на завантаження статичних вебсторінок, які сервер може виконати за одну секунду.

- Тест LZMA, що вимірює час, витрачений на стиснення файлу за допомогою відповідного алгоритму стиснення.
- John the Ripper — інструмент для вимірювання пропускну здатності ЦП. У ньому оцінюється ефективність управління процесами гіпервізорів. Він є програмою дешифрування, яка використовує різні шифри, такі як DES і MD5.
- Тест IOzone було використано для оцінки продуктивності файлової системи. IOzone генерує та оцінює багато файлових операцій, таких як читання, запис і довільне читання.

Ab використовувався для вимірювання часу, необхідного системі для відповіді на запит від вебклієнта. Це може оцінити ефективність відповіді кожної віртуальної машини. Наш сценарій виконав 100 000 запитів із рівнем паралелізму 1000 одночасних запитів. Результати всіх тестів наведено в додатку Г. У додатку таблиця містить позначення VMC для віртуальних машин Cloudstack і VMP для Proxmox VE. Середні значення тесту утилітою Ab наведено в таблиці 5.1.1.

Таблиця 5.1.1. Результати тестування платформ Apache Cloudstack і Proxmox VE за допомогою утиліти Ab

| Платформа | Кількість запитів за секунду | Швидкість передавання, Кб/с |
|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Apache Cloudstack | 2115,68 | 95150,89 |
| Proxmox VE | 1787,62 | 80437,84 |

У тесті Ab продуктивність платформи Apache Cloudstack виявилася на 18 % вищою як за кількістю запитів, так і за швидкістю передавання. Трохи меншу перевагу Apache Cloudstack на Proxmox VE (близько 7 %) показав тест LZMA. Було виконано тест John the Ripper для випадку кодування за алгоритмами DES 128 і MD5. Його результати свідчать (див. таблицю 5.1.2), що для одноядерного режиму Apache Cloudstack має значну перевагу під Proxmox VE (38 % і 54 % для алгоритмів DES 128 і MD5).

Таблиця 5.1.2. Результати тестування платформ Apache Cloudstack і Proxmox VE за допомогою утиліти John the Ripper

| Платформа | Кількість MD5 | Кількість DES 128 хешів |
|-------------------|---------------|-------------------------|
| Apache Cloudstack | 14526,13 | 61055,88 |
| Proxmox VE | 10503,75 | 39524,38 |

Аналогічні результати було отримано в тесті продуктивності віртуальних жорстких дисків (див. рис. 5.1.1)

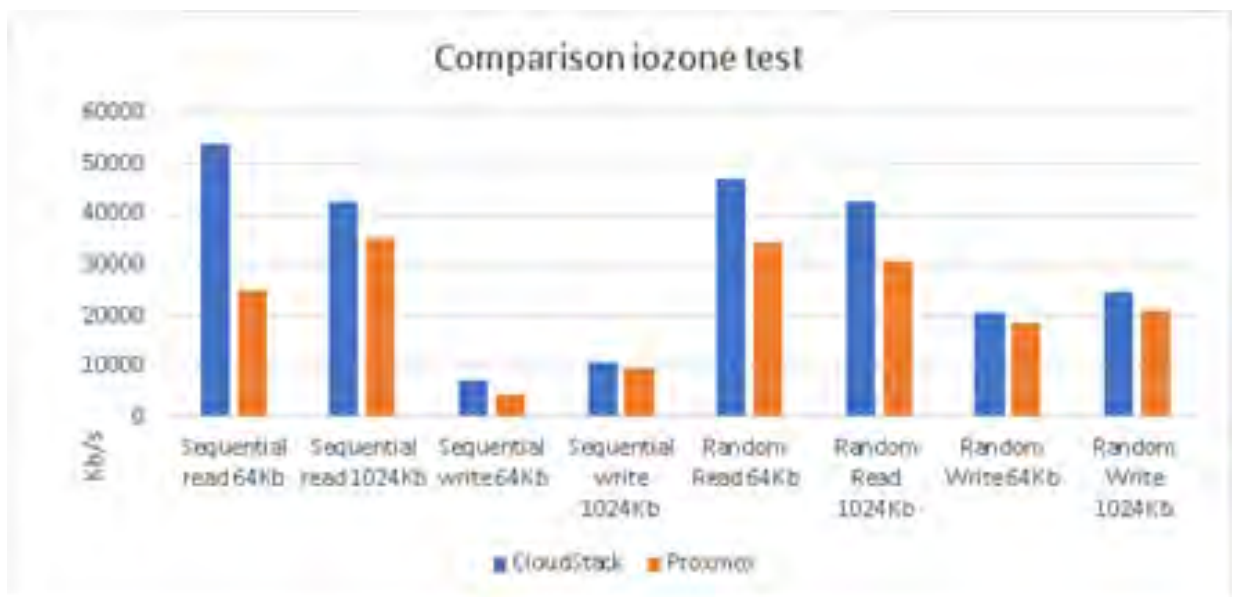


Рис. 5.1.1. Порівняння результатів тесту iozone

Оскільки VM у тесті було розподілено між двома хостами Apache Cloudstack, то можна було передбачати, що їхня продуктивність буде вищою саме на ній. Сподіваємося, що студенти відчують це в освітній та науково-дослідній роботі.

Попередній тест стосувався продуктивності самих віртуальних машин. Надалі було вирішено дослідити продуктивність апаратних серверів (хостів), на яких виконуються гіпервізори. Така комплексна методика дає змогу оцінити ефективність використання обчислювальних ресурсів хмарними платформами. Для цього було використано формулу ранжирування продуктивності гіпервізорів, запропоновану індійськими дослідниками у статті [363]. Згідно з підходом авторів, рейтинг гіпервізора вимірюється через рейтинги його центрального процесора та пам'яті.

$$\text{Score}_{\text{HSI}} = \text{Score}_{\text{HCPU}} + \text{Score}_{\text{HMEM}} \quad (5.1.1)$$

Кожна з цих оцінок обчислюється як сума продуктивності процесора та оперативної пам'яті будь-якої віртуальної машини в хмарі (формули 5.1.2).

$$\text{Score}_{\text{HCPU}} = \sum_{i=1}^n \text{CP}_{\text{VM}i}, \text{Score}_{\text{HMEM}} = \sum_{i=1}^n \text{MP}_{\text{VM}i} \quad (5.1.2)$$

Величини $\text{CP}_{\text{VM}i}$ and $\text{MP}_{\text{VM}i}$ обчислюються за співвідношеннями 5.1.3:

$$\text{CP}_{\text{VM}i} = \alpha_{\text{CPU}} \times \frac{\text{ACPU}_{\text{VM}i}}{\text{HCP}_{\text{VM}s}}, \text{MP}_{\text{VM}i} = \alpha_{\text{MEM}} \times \frac{\text{AM}_{\text{VM}i}}{\text{HMP}_{\text{VM}s}} \quad (5.1.3),$$

де α_{CPU} і α_{MEM} – вагові коефіцієнти ЦП і пам'яті. $\text{ACPU}_{\text{VM}i}$ та $\text{AM}_{\text{VM}i}$ доступні ресурси процесора та пам'яті для i -тої ВМ; $\text{HCP}_{\text{VM}s}$ та $\text{HMP}_{\text{VM}s}$ – це відносне використання процесора (оперативної пам'яті) віртуальних машин щодо хоста.

Значення $\text{HCP}_{\text{VM}s}$ і $\text{HMP}_{\text{VM}s}$ можна знайти за формулами 5.1.4:

$$\begin{aligned} \text{HCP}_{\text{VM}s} &= \frac{\text{TotalCPU} - \sum_{i=1}^n \text{ACPU}_{\text{VM}i}}{\text{TotalCPU}} \times 100 \\ \text{HMP}_{\text{VM}s} &= \frac{\text{TotalMEM} - \sum_{i=1}^n \text{AM}_{\text{VM}i}}{\text{TotalMemory}} \times 100 \end{aligned} \quad (5.1.4),$$

де $\text{ACPU}_{\text{VM}i}$ та $\text{AM}_{\text{VM}i}$ доступні значення ресурсів процесора та пам'яті для i -тої ВМ. Альфа-коефіцієнти – це відношення процесорних ресурсів (пам'яті) однієї ВМ до всіх ВМ. Оскільки в нас усі 8 машин однакові, для кожної платформи:

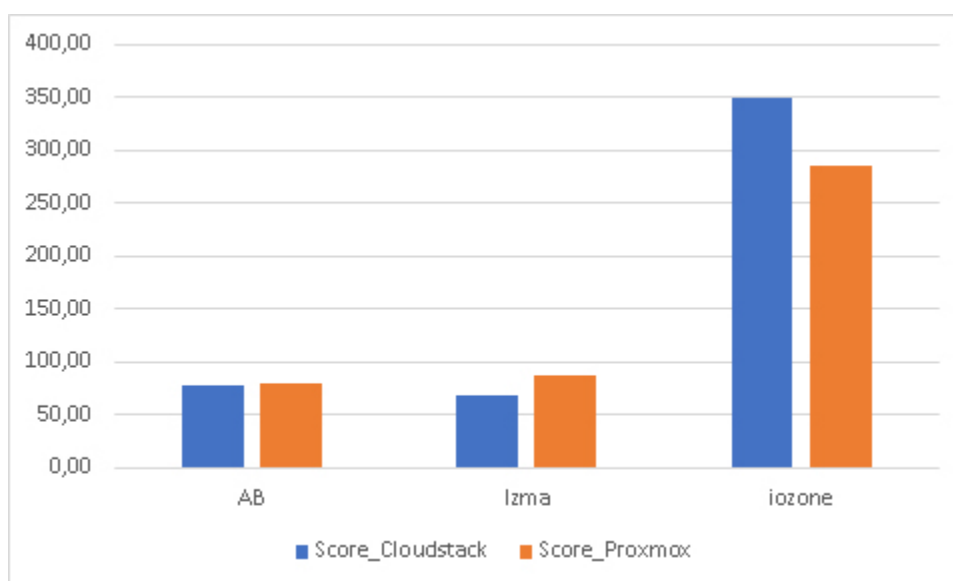
$$\alpha_{\text{CPU}} = 1/8 \quad \alpha_{\text{MEM}} = 1/8 .$$

Нами було застосовано формули 5.1.1 – 5.1.4 до проведених раніше тестів утилітами Ab, Izma, iozone та виміряно відповідні показники завантаження для досліджуваних платформ (див. табл. 5.1.5).

**Таблиця 5.1.3. Рейтинг платформ Apache Cloudstack і Proxmox VE
згідно з комплексною методикою**

| Рейтинг | AB | Izma | iozone |
|--------------------|-------|-------|--------|
| Рейтинг Apache | 77,24 | 68,55 | 349,29 |
| Рейтинг Proxmox VE | 79,03 | 87,18 | 284,85 |

Отже, можна констатувати, що оцінка обох платформ на основі тесту AB майже однакова (різниця становить близько 1,5 %). Proxmox VE показав найкращі результати в тесті Izma (близько 27 %). Протилежний результат переваги Apache Cloudstack спостерігається в тесті iozone. Однак останній результат можна вважати сумнівним, оскільки дискові підсистеми платформ значно відрізняються (Proxmox VE використовує програмний Raid-масив, а Cloudstack містить два окремих фізичних хости з жорсткими дисками). Діаграми отриманих оцінок наведені на рисунку 5.1.2.



**Рис. 5.1.2. Підсумкові оцінки платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE
у виконаних тестах**

Отже, виходячи з перевірки моделі продуктивності хмарної платформи, можна констатувати, що Apache Cloudstack і Proxmox VE мають приблизно однакові рейтинги. У розгорнутих корпоративних хмарах продуктивність двох фізичних хостів Apache Cloudstack є приблизно рівною продуктивності одного хосту Proxmox. Імовірно, у цьому випадку вирішальними будуть інші чинники використання платформи як складника ХОСН.

5.1.2. Експертне оцінювання ефективності методики адміністрування сервісів Google Workspace for Education

З метою перевірки другої часткової гіпотези дослідження було виконано оцінювання технологій і методики адміністрування сервісів Google Workspace. Експериментальним методом було обрано експертне опитування. Для цього розроблено анкету, що містила 7 запитань, розподілених у 2 блоки. До опитування було залучено 30 експертів – адміністраторів, викладачів, науковців у галузі супроводу хмарних платформ закладів вищої освіти.

Перший блок запитань стосувався оцінювання експертами-адміністраторами трудомісткості виконання задач розгортання й адміністрування платформи та окремих сервісів Google Workspace.

Оцінювання експертами всіх питань цього блоку здійснювалося в 7-бальній шкалі за методикою з обчисленням коефіцієнта конкордації W-Кендалла. Щоб оцінити розмір вибірки, використано дані, зокрема графік, із дослідження [416]. На основі проведеного аналізу даних достатнім є залучення до опитування від 10-ти до 20-ти експертів. Експертами було обрано системних адміністраторів, ІТ-фахівців, викладачів ЗВО, що мають досвід розгортання та адміністрування хмарних платформ. Було враховано, що експертам може бути складно однозначно ранжирувати критерії трудомісткості. Наприклад, адміністратору хмари може бути складно точно визначити, яке із завдань додавання облікових записів чи їх структурування в межах підрозділів є більш трудомістким. Як наслідок, було використано модифіковану формулу для обчислення коефіцієнта конкордації для випадку використання зв'язаних рангів [242]:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n (R_i^2) - 3m^2 n(n+1)^2}{m^2 n(n^2 - 1) - m \sum_{j=1}^m (T_j)} \quad (5.1.5),$$

де R – сумарний ранг, отриманий кожним показником внаслідок оцінювання всіма експертами, m – кількість експертів, n – кількість показників). Величина T_j є поправкою для випадку зв'язаних рангів та обчислюється зі співвідношення:

$$T_j = \sum_{i=1}^{g_i} (t_i^3 - t_i) \quad (5.1.6),$$

де t_i – кількість однакових оцінок i -го показника, g_j – кількість груп однакових оцінок у j -го експерта.

З отриманих статистичних даних (див. додаток Г) було вилучено такі результати ранжування, що суттєво вирізняються із загальної вибірки та їх слід вважати викидами. Також було вилучено відповіді експертів, що містили одну й ту ж оцінку для всіх відповідей – такі відповіді в більшості випадків містили максимальну або мінімальну оцінку (1 або 7 балів). Тобто їх не можна вважати ранжируванням. Для уточнення компетентності експертів було виконано додаткове опитування стосовно їхнього досвіду в адмініструванні хмарних сервісів. Враховувалися відповіді респондентів, які мають практичний досвід адміністрування або хоча б розгортання сервісів Google Workspace. Як наслідок, із загальної вибірки було враховано оцінки меншої кількості експертів, зокрема:

- 15-ти експертів для першого питання;
- 14-ти експертів для другого та третього питань;
- 13-ти експертів для четвертого питання.

Надалі було обчислено загальні ранги трудомісткості виконання окреслених задач, як сума балів виставлених усіма експертами (див. табл. 5.1.1).

Таблиця 5.1.3. Сумарні ранги питань першого блоку анкети

| Назва питання | Завдання | Сумарний ранг |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Трудомісткість завдань щодо розгортання та адміністрування хмарних сервісів Google Workspace | реєстрація облікового запису ЗВО та отримання академічних підписок | 52 |
| | додавання облікових записів користувачів | 33 |
| | структурування облікових записів користувачів за групами та підрозділами | 41 |
| | делегування користувачам адміністративних повноважень | 34 |
| | отримання статистичних даних щодо використання хмарних додатків | 37 |
| | конфігурування параметрів безпеки | 53 |
| | інтеграція хмарних додатків з іншими цифровими засобами навчання | 57 |
| Трудомісткість завдань щодо адміністрування Gmail | створення (зміна) MX-записів у системі доменних імен | 43 |
| | налаштування параметрів автентифікації пошти (SPF, DKIM, DMARC) | 51 |
| | конфігурування спільного використання контактів | 51 |
| | налаштування карантинів та фільтрів | 45 |
| | розширена маршрутизація пошти | 47 |

| Назва питання | Завдання | Сумарний ранг |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------|
| | конфігурування параметрів безпеки (антиспам, антифішинг, приєднані файли) | 54 |
| | пошук листів у журналі повідомлень | 38 |
| Трудомісткість завдань щодо адміністрування Google Classroom | призначення викладачів | 34 |
| | створення електронних Google-класів | 36 |
| | реєстрація слухачів у Google-класах | 39 |
| | зміна дозволів для створення курсів | 44 |
| | зміна дозволів для реєстрації у курсі як студент | 36 |
| | архівування та відновлення курсів | 45 |
| | перегляд статистики щодо використання сервісу | 37 |
| Трудомісткість адміністрування базових хмарних додатків, що входять до складу Google Workspace | Gmail | 33 |
| | Google Диск та Документи | 35 |
| | Календар | 34 |
| | Google клас | 42 |
| | Google Chat та Hangouts | 42 |
| | Google Meet | 39 |
| | Сайти | 48 |

На основі співвідношень (5.1.5) та (5.1.6) обчислюємо коефіцієнт конкордації для кожного з чотирьох питань першого блоку анкети $W_1=0,29$; $W_2=0,19$; $W_3=0,12$; $W_4=0,19$. На жаль, усі ці значення свідчать про наявність слабого ступеня узгодженості думок експертів.

Оцінимо значимість отриманих коефіцієнтів конкордації. Оскільки вони розподілені за законом χ^2 для $n-1=6$ ступенів вільності, то обчислимо критерій узгодження Пірсона (див. співвідношення 5.1.7).

$$\chi^2 = m(n - 1)W \quad (5.1.7)$$

Порівнюючи їх із табличним ($\chi^2_{кр}=12,59$), для шести ступенів вільності та рівня значущості $\alpha=0,05$ отримуємо такі результати:

$$\chi^2_1 = 26,9;$$

$$\chi^2_2 = 15,64;$$

$$\chi^2_3 = 10,27;$$

$$\chi^2_4 = 14,97.$$

Отримані результати свідчать про статистичну значимість коефіцієнтів конкордації W_1 , W_2 та W_4 . Низькі значення цих величин вказують на значний рівень суб'єктивності експертів у оцінюванні трудомісткості завдань адміністрування хмарних сервісів. Отримані результати можна обґрунтувати

різними підходами до супроводу хмарних сервісів у ЗВО. Зокрема, як свідчить аналіз функціональних обов'язків експертів, одні й ті ж завдання можуть виконувати системні адміністратори, окремо виділені особи, керівники відповідних підрозділів і навіть викладачі ЗВО.

Аналізуючи сумарні ранги з рис. 5.1.3, доходимо висновку, що найбільш трудомісткими завданнями (виділені темним кольором) в адмініструванні хмарних сервісів Google Workspace є такі:

- реєстрація та отримання академічних підписок Google Workspace, що, імовірно, пов'язано з людським чинником у процедурі призначення ліцензій;
- конфігурування параметрів безпеки – як хмарного пакету загалом, так і поштового сервісу зокрема; зазначені завдання є досить відповідальними, а відповідні розділи адміністративного сервісу містять значну кількість налаштувань;
- інтеграція хмарних додатків з іншими цифровими засобами навчання, що передбачає проведення аналізу функціонування різних додатків освітнього призначення та вивчення значної кількості технічної документації;
- налаштування параметрів автентифікації пошти (SPF, DKIM, DMARC), що залежить від технічних можливостей провайдера або власного програмного забезпечення закладу вищої освіти;
- додаткова маршрутизація пошти – є потужною опцією управління надсиленням та доставлянням листів, проте вимагає від адміністратора точності виконання налаштувань, прогностичності власних дій та аналізу отриманих результатів.

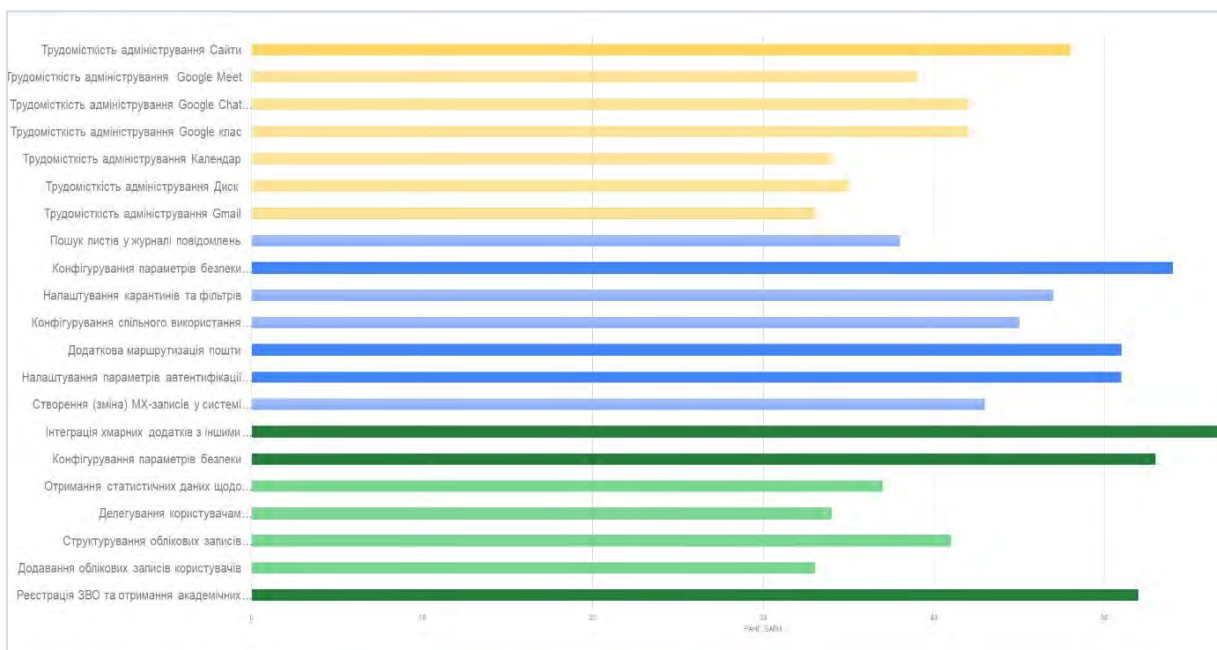


Рис. 5.1.3. Розподіл сумарних рангів завдань щодо розгортання та адміністрування сервісів Google Workspace

Підтримка сервісу «Сайти» – незважаючи на те, що, імовірно, більшість закладів вищої освіти використовують інші системи для управління сайтами, свідчить, що експерти розуміють значну трудомісткість виконання завдань щодо їх супроводу.

На жаль, результати третього запитання, що стосується адміністрування сервісу Google Клас, не можна вважати статистично значущими ($\chi^2_3 = 10,27 < \chi^2_{кр}$), тобто немає підстав аналізувати коефіцієнт конкордації W_3 . З огляду на це можна зробити висновок, що вивчення методики адміністрування сервісу Google Клас потребує додаткового дослідження.

Друга частина анкети була присвячена оцінюванню експертами складників пропонованої методики розгортання та адміністрування сервісів Google Workspace у закладі освіти. Для дослідження було використано упроваджувальний критерій та показники оцінювання якості інформаційно-комунікаційних технологій навчання, розроблені в методиці [143]. Отже, у другому блоці анкети наведено такі запитання:

1. Упроваджувальний критерій. Показники:

- методика та її складники описані достатньо повно;

- опанування методики дозволяє розгортати сервіси Google Workspace;
 - опанування методики дозволяє адмініструвати сервіси Google Workspace;
2. Організаційний критерій. Показники:
- визначені хмарні сервіси можна використовувати за різних форм навчання;
 - зазначені сервіси забезпечують управління освітньою діяльністю студентів;
 - запропоновані сервіси дозволяють організувати навчальну роботу викладача.
3. Гностичний критерій. Показники:
- методика відповідає актуальному набору сервісів Google Workspace;
 - методика відповідає перспективам розвитку сервісів Google Workspace;
 - методика підвищує кваліфікацію адміністратора систем управлінням навчанням.

Оцінювання показників здійснювалося за 5-ти бальною шкалою Лайкерта. Оцінки визначали ставлення експертів до критерію. При створенні опитувальника було дотримано такі вимоги:

- використання двополярних оцінок у шкалі («категорично не погоджуюся», «не погоджуюся», «нейтральне ставлення», «погоджуюся», «повністю погоджуюся»);
- чітке розмежування оцінок для зменшення фактору випадковості у виборі оцінки;
- уникнення заперечних та подвійно заперечних форм запитань;
- однонапрямленість усіх шкал (від «категорично не погоджуюся» до «повністю погоджуюся»);
- використання 5-позиційної шкали, масштаб якої є досить зручним для експерта.

У другому блоці питань шкали оцінювання кожного критерію розглядалися як інтервальні. Вони, як і порядкові, мають чіткий порядок елементів, але різниця між кожним з них є однаковою. Таке припущення має право на існування,

оскільки всі показники вимірюють ставлення експертів до методики в сукупності. Саме тому їх можемо згрупувати та проаналізувати як єдину шкалу Лайкерта [242].

Для опрацювання даних інтервальної шкали було використано такі числові позначення:

- 1 бал – категорично не погоджуюся;
- 2 бали – не погоджуюся;
- 3 бали – нейтральне ставлення;
- 4 бали – погоджуюся;
- 5 балів – повністю погоджуюся.

З метою перевірки показника внутрішньої узгодженості запитань обчислювався коефіцієнт альфа Кронбаха. Для другого блоку анкети величина альфа Кронбаха становила $\alpha_{Kr}=0,922$, що перевищує мінімально прийнятне значення (0,7).

Описова статистика другого блоку дає змогу оцінити ставлення експертів до авторської методики. Розподіл оцінок експертів зображено на діаграмі (рис. 5.1.4).

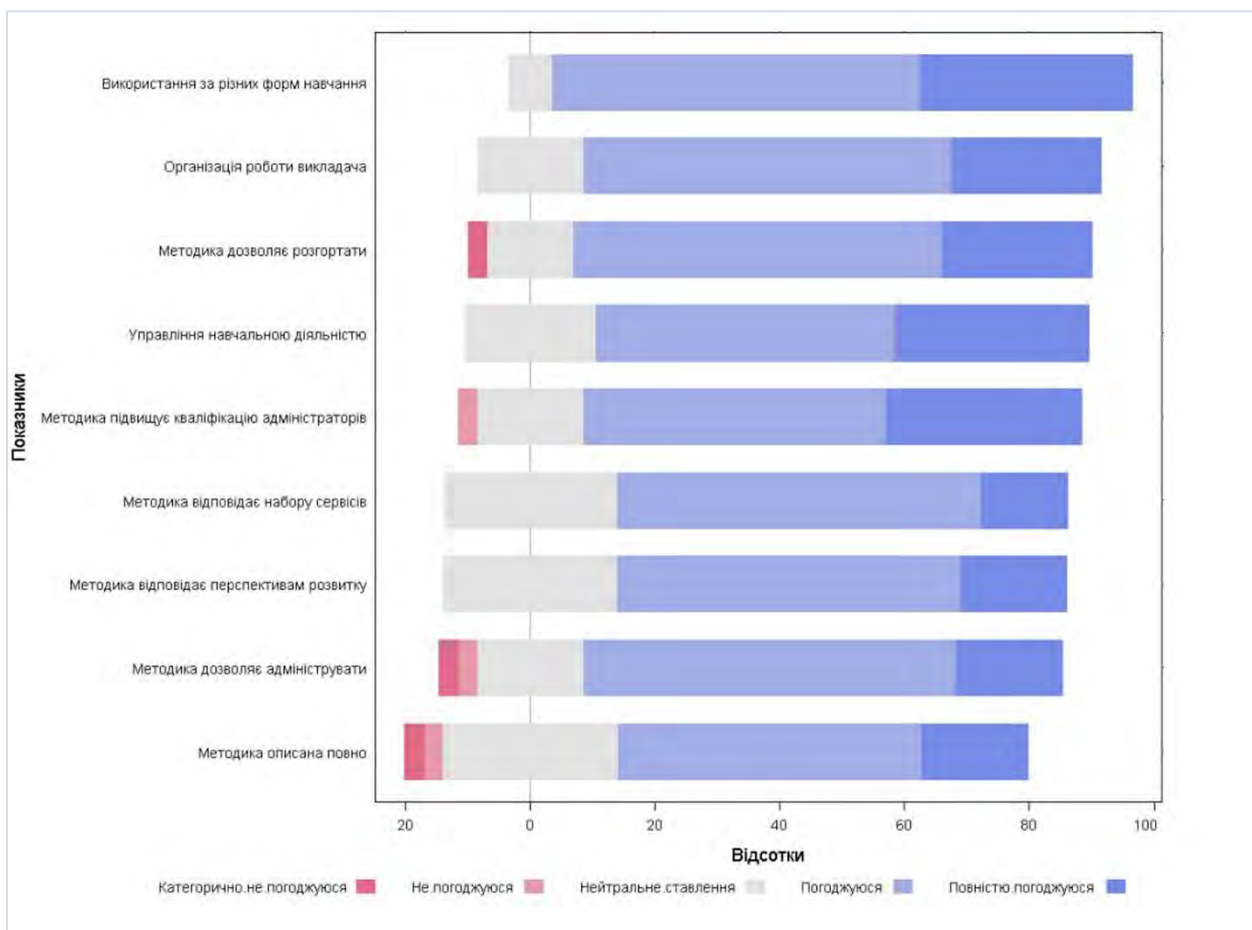


Рис. 5.1.4. Розподіл частот оцінок експертів другого блоку анкети

Як видно з рисунка, більшість експертів високо оцінили запропоновану методику розгортання та адміністрування сервісів Google Workspace за упроваджувальним, організаційним та гностичним критерієм. Цей висновок підтверджують і значення медіан, знайдені для всіх показників. Усі вони дорівнюють чотирьом. З рис. 5.1.4 також можна зробити висновок, що найбільш позитивно експертами було оцінено показники, що стосуються використання платформи за різних форм навчання, організації роботи викладача, а також забезпечення з боку методики процесу розгортання сервісів. Це пояснюється реальним досвідом ЗВО щодо розгортання та використання платформи Google Workspace, зокрема й під час пандемії COVID-19. Найнижчий бал отримав показник, що стосується повноти опису методики. Проте його значення, що відповідають позитивним номіналам шкали Лайкерта («Погоджуюся», «Повністю погоджуюся»), сумарно отримали понад 60 % оцінок респондентів. Водночас варто визнати, що авторська методика не є повною та має потенціал для

розвитку, як стосовно повноти змісту пропонуванних для опанування хмарних технологій, так і щодо особливостей їх використання в ЗВО.

Як показує аналіз функціональних обов'язків експертів, їх можна умовно вважати адміністраторами або науково-педагогічними працівниками (рис. 5.1.5).



Рис. 5.1.5. Розподіл експертів за функціональними обов'язками у ЗВО

Додатковим критерієм такого розподілу була наявність у респондентів реального практичного досвіду адміністрування та супроводу хмарної платформи Google Workspace. Оскільки для цього дослідження останній чинник є досить важливим, то до першої категорії було зараховано викладачів, що мають більш ніж 3-річний досвід. Було поставлено завдання дослідити кореляцію в оцінках цих двох категорій. Для цього використовувався параметричний метод, що дозволяє обчислити коефіцієнт кореляції Пірсона. На основі експериментальних даних створено таблицю для оцінювання кореляції (табл. 5.1.4).

Таблиця 5.1.4. Оцінювання кореляції між відповідями системних адміністраторів та викладачів

| Показники | Адміністратори | Викладачі |
|-------------------------------------------------------|----------------|-----------|
| методика описана повно (повністю не погоджуюся) | 0 | 1 |
| методика дозволяє розгортати (повністю не погоджуюся) | 0 | 1 |

| | | |
|---------------------------------------------------------------|-----|-----|
| методика дозволяє адмініструвати (повністю не погоджуюся) | 0 | 1 |
| використання за різних форм навчання (повністю не погоджуюся) | 0 | 0 |
| ... | ... | ... |
| використання за різних форм навчання (повністю погоджуюся) | 6 | 3 |

Для рівня значущості $\alpha=0,01$ він виявився досить значним – $r_{ks}=0,815$, що свідчить про наявність сильного прямого зв'язку між оцінками методики від адміністраторів та викладачів. Тобто можемо стверджувати, що авторську методику однаково позитивно оцінили як фахівці, що здійснюють розгортання та адміністрування сервісів, так і науково-педагогічні працівники, які є основними «споживачами» можливостей цих сервісів.

5.2. Верифікація ефективності методичної системи використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики

5.2.1. Бакалаврський рівень

З метою перевірки третьої часткової гіпотези про вплив авторської методики застосування ХОСН на формування фахових компетентностей майбутніх учителів інформатики було проведено педагогічний експеримент.

Розроблену в дослідженні методичну систему описують такі методики:

- 1) методика використання хмарної лабораторії у процесі вивчення курсу «Операційні системи»;
- 2) методика використання ХОСН для організації групової діяльності здобувачів у процесі проходження ними комп'ютерної практики;
- 3) методика використання ХОСН у навчанні комп'ютерних мереж;
- 4) методика навчання вибіркової дисципліни «Основи хмарних технологій»;
- 5) методика використання хмарної лабораторії в навчанні основ кібербезпеки;
- 6) методика використання ХОСН у процесі вивчення електронних систем відкритого доступу.

Кожну з них було експериментально перевірено в межах досліджень

автора [341], [388], [387], [338], [340], [182], [179]. Вважаємо, що в разі експериментального підтвердження ефективності щонайменше половини методик можна стверджувати про ефективність усієї методичної системи. Отже, у межах параграфу 5.2 буде проведено верифікацію ефективності ключових методик використання ХОСН, реалізованих у навчанні курсів «Операційні системи», «Комп'ютерні мережі», та вибіркової дисципліни «Основи хмарних технологій».

Експериментальну базу становили фізико-математичні факультети Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Уманського державного педагогічного університету ім. Павла Тичини, Дрогобицького державного педагогічного університету, Житомирського державного університету імені Івана Франка. Загалом протягом усіх етапів до експерименту було залучено 423 здобувачі спеціальності «014.09. Середня освіта (Інформатика)».

У процесі констатувального експерименту було виконано діагностику готовності здобувачів освіти до використання складників ХОСН та вивчення основ хмарних технологій. Основними діагностичними методами були аналіз публікацій у рейтингових виданнях, педагогічне спостереження, бесіди зі студентами, метод анкетування.

Пропонована анкета (додаток Д) містить 15 запитань. Респондентами були першокурсники зазначених вище університетів. Обсяг вибірки становив 210 осіб. Анкета була анонімною.

Кількісний склад респондентів за спеціальностями був таким: 68,55 % студентів спеціальності «Інформатика», 31,45 % – спеціальностей «Математика», «Фізика». Щодо гендерного розподілу, то 57,1 % опитаних становили жінки, а 42,9 % – чоловіки.

Перший блок питань анкети було присвячено вивченню розуміння та використання сервісів загальнодоступних хмар. Відповідні запитання давали можливість одночасно обирати кілька засобів. Тим не менш, виявилось, що здобувачі використовують хмарні сервіси для отримання повсюдного доступу та

опрацювання даних. Такий висновок можна зробити на основі відповідей щодо засобів для зберігання даних (рис. 5.2.1). Незважаючи на те, що переважна більшість студентів (близько 90 %) зберігає дані на комп'ютері або смартфоні, понад 77 % респондентів зазначили, що використовують Google Диск, а 20 % – OneDrive.

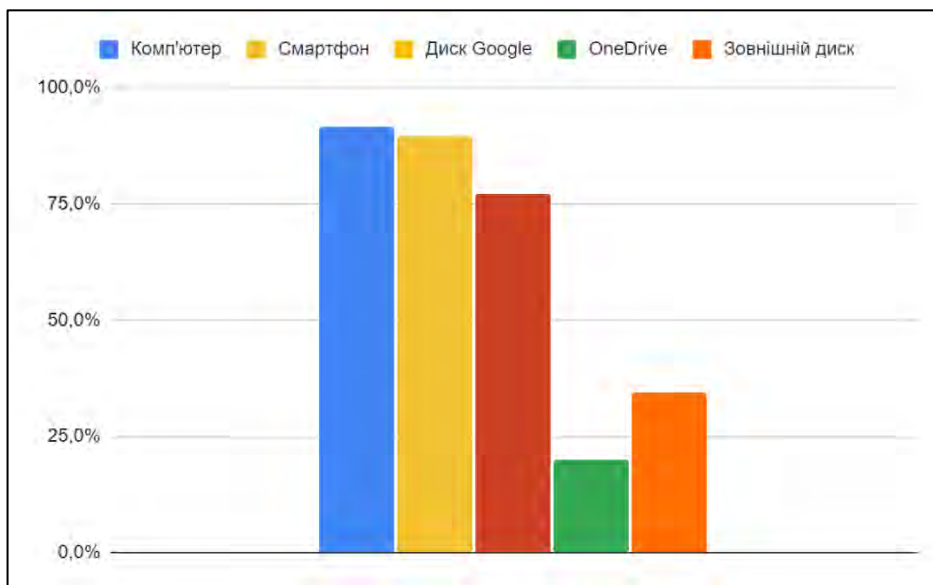


Рис. 5.2.1 Статистика використання засобів для зберігання даних

Поряд з цим переважна більшість молоді для передавання файлів використовує месенджери, а не хмарні сховища (рис. 5.2.2). Це свідчить про те, що доволі важливим критерієм для студентів є звичність і швидкість виконання зазначеної операції.

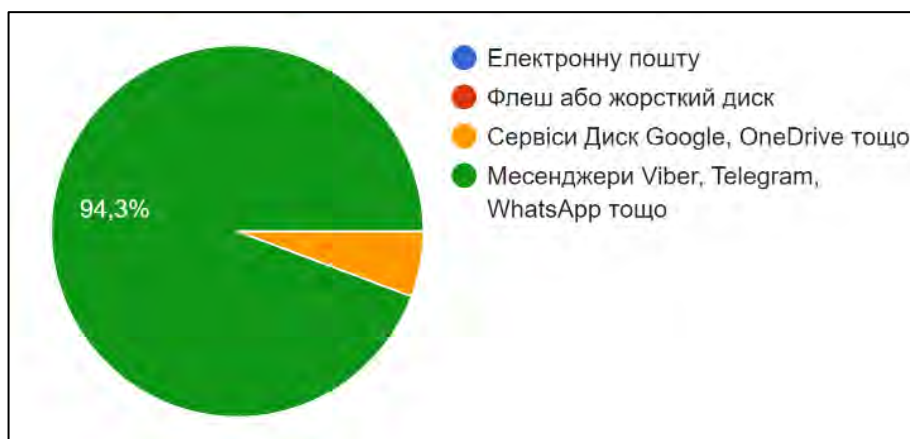


Рис. 5.2.2. Статистика використання сервісів для передавання даних

Для опрацювання документів студенти все ж використовують комп'ютер (91,4 %). Серед них понад половина опитаних зазначили, що можуть

використовувати мобільний пристрій для виконання зазначених завдань, а близько 10 % роблять це систематично.



Рис. 5.2.3. Статистика використання засобів для редагування документів

На описовому рівні можна стверджувати, що наведені дані корелюють із відповідями стосовно використання здобувачами стаціонарних та мобільних пристроїв у навчанні (рис. 5.2.4)

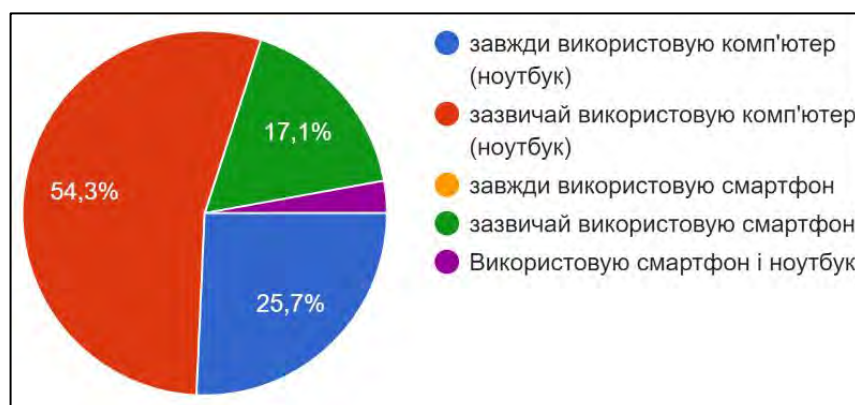


Рис. 5.2.4. Статистика використання засобів для здійснення навчальної діяльності

Опитування засвідчило актуальність впровадження єдиної системи автентифікації. Це підтверджують відповіді близько 60 % першокурсників, які іноді або часто забувають свої паролі, а також використовують один і той же пароль для доступу до різних сервісів (рис. 5.2.5)

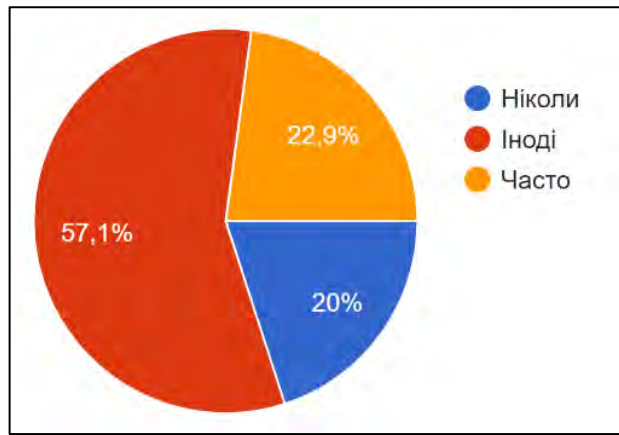


Рис. 5.2.5. Кількість респондентів, що використовують однакові паролі

Щодо використання сервісів відкритої освіти, то лише трохи більше третини респондентів чули про масові відкриті онлайн-курси. Серед них лише близько 10 % проходили курси на зазначених платформах. Кількість успішних завершень курсів взагалі є дуже малою – менш як 3 % (рис. 5.2.6).



Рис. 5.2.6. Кількість респондентів, що мають досвід навчання в МООС

Як наслідок, обґрунтованим є вибір понад 80 % першокурсників, що у вивченні курсів «Архітектура комп'ютера», «Операційні системи», «Програмування» надають перевагу роботі з реальними апаратними засобами, операційними системами, середовищами програмування (рис. 5.2.7).

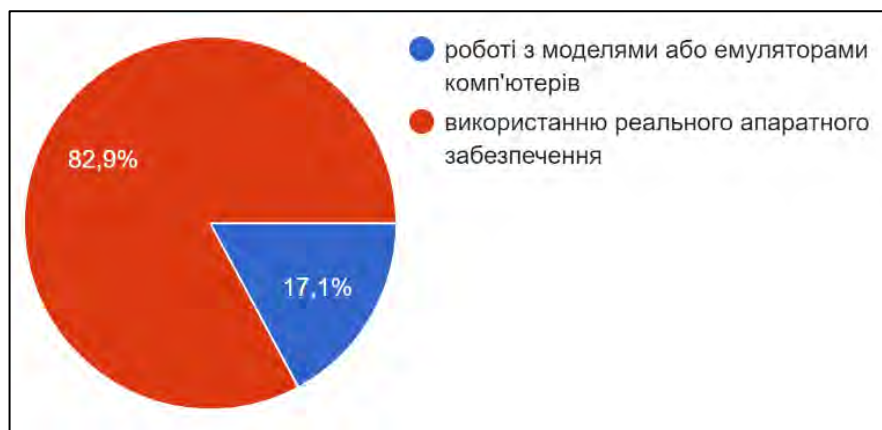


Рис. 5.2.7. Ставлення до використання «віртуалізованих» засобів навчання

Таким даним відповідають і результати опитування щодо інтуїтивного розуміння понять «хмарні технології», «віртуальна машина» (рис. 5.2.8-5.2.9). Це питання було сформульовано у вигляді 5-ти позиційної шкали Лайкерта. У ній значення одиниці відповідає повній незгоді з твердженням, а п'ять – повному погодженню. Можна констатувати, що переважна кількість здобувачів (бали 3, 4, 5) вважають, що розуміють зміст цього поняття.

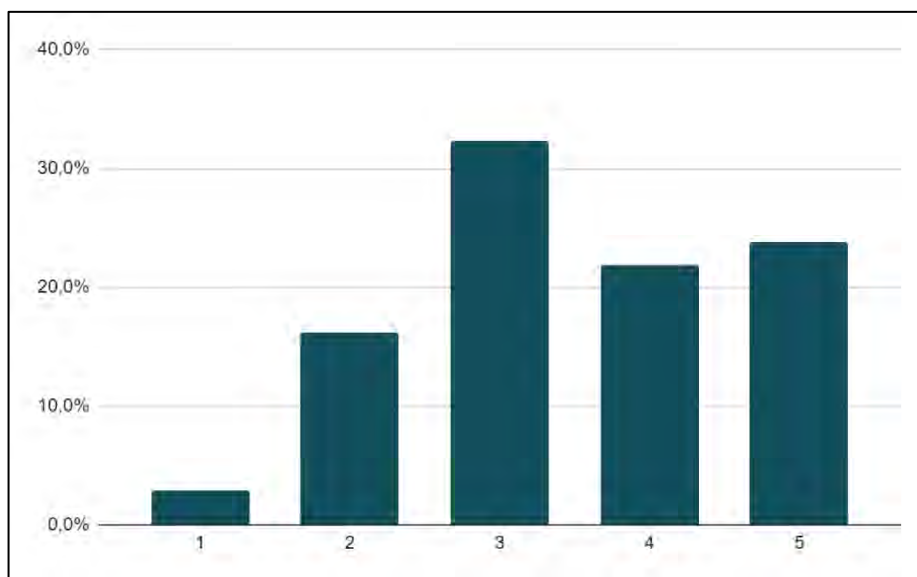


Рис. 5.2.8. Самооцінювання розуміння поняття «хмарні технології»

Стосовно поняття «віртуальна машина» респонденти також засвідчили його інтуїтивне розуміння.

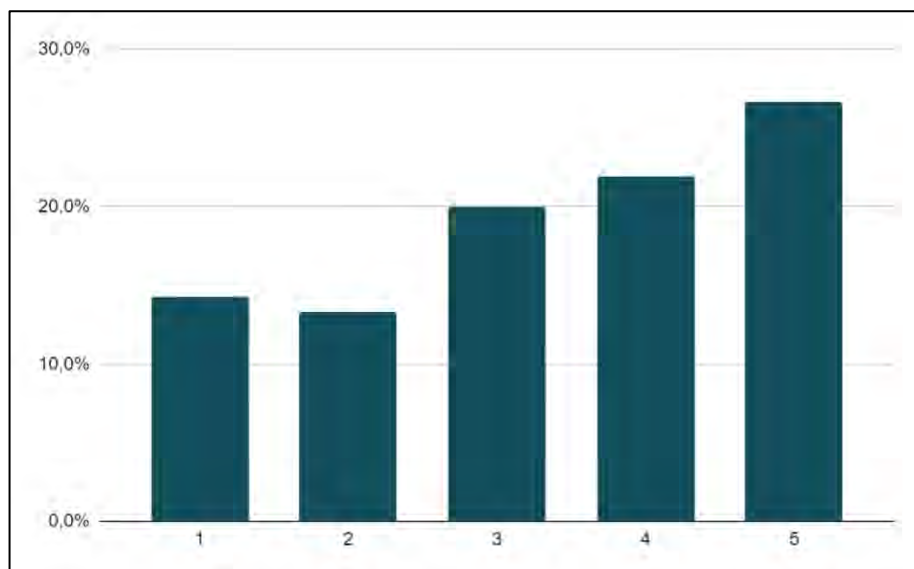


Рис. 5.2.9. Самооцінювання розуміння поняття «віртуальна машина»

Проте, з огляду на віковий склад студентів, рівень застосування технології віртуалізації виявився доволі значним (близько 43 %) (рис. 5.2.10).

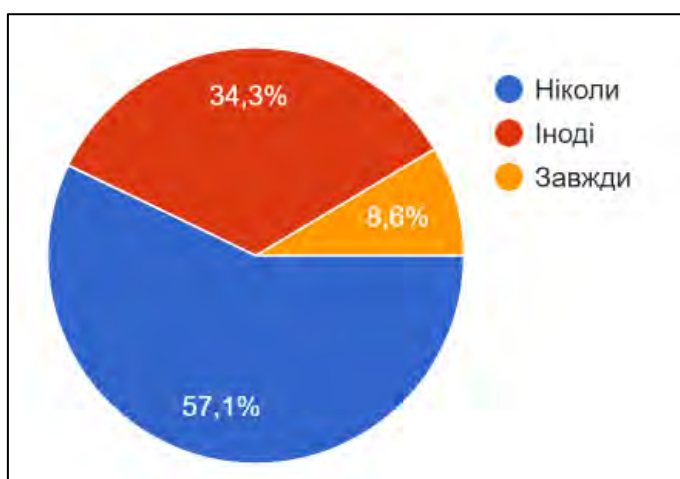


Рис. 5.2.10. Використання респондентами віртуальних машин

Підсумовуючи результати наведеного опитування, можемо констатувати значний рівень використання першокурсники сервісів загальнодоступних хмар. Вважаємо, що такий стан має наслідком інтуїтивне розуміння ними особливостей і технологій роботи із хмарними засобами. Водночас рівень використання спеціалізованих хмарних засобів (платформ MOOC, технологій віртуалізації) демонструє потенціал для їх застосування в процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. Отже, можна стверджувати про готовність сучасних здобувачів до опанування хмарних технологій як об'єкта вивчення.

Продовження експерименту було здійснено в процесі вивчення курсів «Операційні системи» та «Комп'ютерні мережі».

Формувальний етап педагогічного експерименту за методикою використання хмарної лабораторії CL-OS було проведено в курсі «Операційні системи», де навчалося 4 групи студентів загальною кількістю 54 особи. Відповідно до освітньої програми вони вивчали курс протягом двох семестрів. Впродовж першого семестру студенти опановували ОС Windows. Під час другого семестру об'єктом вивчення здобувачів була ОС Linux і використовувалась авторська методика. Було виконано три опрацювання (зрізи) оцінок. У першому було враховано підсумкові бали за перший семестр. Другий зріз містив оцінки проміжного іспиту з курсу «Cisco. NDG Linux Essentials», а третій формувався на основі випускного іспиту в авторській редакції.

У процесі дослідження було дотримано вимоги до організації експерименту: навчання протягом обох семестрів проводив один і той же викладач, тестові завдання мали приблизно однакову структуру (містили однакову кількість теоретичних і практичних завдань різної складності). Бали усіх трьох зрізів було переведено в 100-бальну шкалу (див. додаток Е).

Як видно з додатку, таблиця балів містить такі стовпці, як номер (ID) студента та назви кожного опрацювання (t1-t3). Статистичну обробку експериментальних даних було проведено в середовищі R-Studio. Для вибору методу опрацювання даних ми перевірили відповідність нормальному розподілу балів на кожному етапі. Для цього використовували критерій нормальності Ліллієфорса [395]. Результати для кожного опрацювання оцінок є такими:

- $p\text{-value}_1 = 0.088$;
- $p\text{-value}_2 = 0.539$;
- $p\text{-value}_3 = 0.093$.

Тобто всі розподіли можна вважати нормальними. Оскільки дослідження проводилося в одних і тих же групах студентів із дотриманням зазначених вище вимог, то слід вважати вибірки залежними. У цьому випадку методом для статистичного опрацювання для виявлення відмінностей між вибірками є

дисперсійний аналіз (Anova – англ. analysis of variance) для повторних вимірювань [385]. Сформулюємо нульову (H_0) та альтернативну (H_1) гіпотези для обраного статистичного методу:

- H_0 – на кожному з етапів експерименту не існує відмінностей в середніх значеннях балів здобувачів.
- H_1 – існує істотна різниця у середніх значеннях оцінок.

Використовуючи функцію `pwr.anova.test`, було перевірено розмір вибірки для таких вхідних параметрів експерименту:

- розмір ефекту (f) – різниця між середніми значеннями балів у групах; було прийнято $f=0,5$;
- рівень значущості α – це ймовірність статистичної помилки першого роду, було прийнято загальноприйняте значення $\alpha=0,05$;
- потужність (p) – це ймовірність статистичної помилки першого роду. Було використано значення $p=0,80$.

Отримане значення $n=14$ є меншим за кількість здобувачів (54), що брали участь у експерименті. За допомогою функції `summary(aov(Rating~Stage+Error(Student/Stage)))` для кількості ступенів свободи $df=2$ отримано такі значення статистичної значущості.

- $SumSq=2924$ – сума квадратів (загальна варіація між груповими середніми і загальним середнім значенням отриманих балів);
- $F=32.17$ – тестова статистика F-тесту;
- $p\text{-value}=1.2 \times 10^{-11}$ – це значення p для F-статистики, яке показує, наскільки ймовірно, що розраховане значення F мало б місце, якби нульова гіпотеза про відсутність різниці серед середніх квадратичних значень була вірною.

Тобто можна прийняти альтернативну гіпотезу про існування статистично достовірних відмінностей між оцінками, отриманими здобувачами на констатувальному та формувальному етапах дослідження. Фактором, який спричинив ці відмінності, є хмарна лабораторія CL-OS, що реалізує основні положення авторської методики використання ХОСН.

Згрупувавши бали студентів за шкалою ECTS (див. рис. 5.2.1), констатуємо збільшення кількості високих балів, отриманих у 2-му та 3-му зрізах.

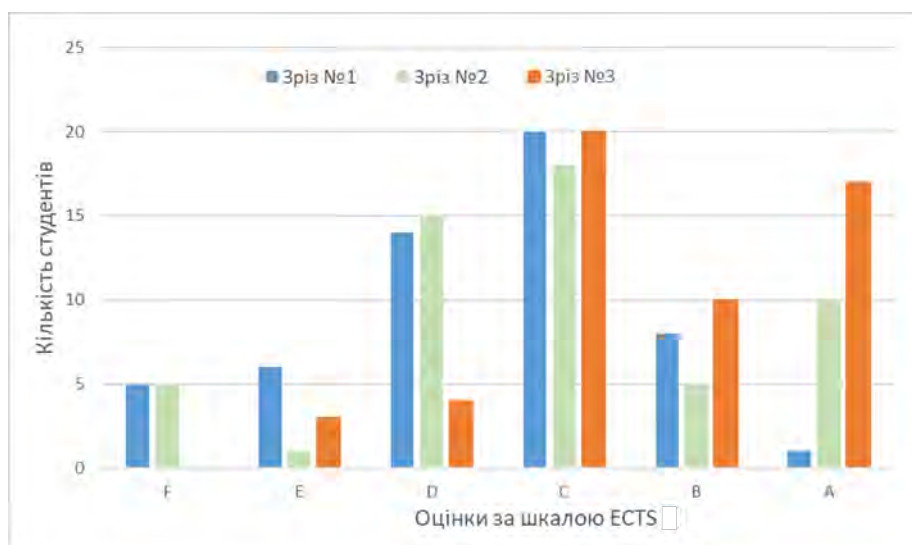


Рис. 5.2.1. Розподіл оцінок кожного зрізу

Для визначення, між якими саме зрізами існують зазначені відмінності, було використано post-hoc аналіз за методом Тьюкі для попарних порівнянь (Tukey's Honestly Significant Difference (Tukey's HSD)). Результати цього тесту такі:

- $p\text{-value}_{2-1}=0.27$;
- $p\text{-value}_{3-1}=1.36\times 10^{-6}$;
- $p\text{-value}_{3-2}=4.75\times 10^{-4}$.

Тобто можна стверджувати, що між оцінками 1-го та 3-го етапів вимірювання існують значні статистичні відмінності. Щодо першого та другого етапів, то, можливо, причиною такого результату є новизна навчального матеріалу. Однак більшість студентів раніше не працювали з інтерфейсом командного рядка Linux.

Для перевірки останнього припущення було проведено додаткове дослідження. Було опитано студентів стосовно наявності в них попереднього досвіду роботи з Linux. Додатковим фактором аналізу була стать респондентів.

Для статистичного опрацювання даних як метод оцінки впливу цих факторів було обрано тресторонній змішаний дисперсійний аналіз [356]. Ми розглядали два міжгрупові фактори (стать та досвід) і один внутрішньо-груповий фактор, що

визначає відмінності між контрольним зрізами. Розширений набір даних дослідження доступний у додатку Е. Отримані дані містять такі змінні:

- оцінка академічних досягнень (залежна змінна), як бал, що отриманий під час другого та третього (моменти часу t_2 та t_3);
- два між-групові фактори: стать та попередній досвід використання ОС Linux;
- внутрішньо-груповий фактор, час, який має дві точки часу: t_2 і t_3 ;
- Бал самоцінювання з анкети «Відгук про курс». Назви цих змінних починаються з літер «S_» і «A_». Більш детально це буде описано згодом.

Отриману описову статистику наведено в табл. 5.2.1.

Таблиця 5.2.1. Статистичні дані додаткового дослідження в курсі «Операційні системи»

| Номер групи | Попередній досвід | Стать | Зріз | Кількість студентів | Середнє | Стандартне відхилення |
|-------------|-------------------|----------|------|---------------------|---------|-----------------------|
| 1 | ні | жіноча | 2 | 17 | 77.90 | 12.90 |
| 2 | ні | жіноча | 3 | 17 | 84.00 | 10.30 |
| 3 | так | жіноча | 2 | 10 | 76.40 | 11.00 |
| 4 | так | жіноча | 3 | 10 | 83.70 | 7.040 |
| 5 | ні | чоловіча | 2 | 15 | 71.90 | 13.80 |
| 6 | ні | чоловіча | 3 | 15 | 83.50 | 10.70 |
| 7 | так | чоловіча | 2 | 12 | 81.80 | 8.01 |
| 8 | так | чоловіча | 3 | 12 | 83.60 | 7.06 |

У досліджуваних групах була однакова кількість чоловіків і жінок. 40 % студентів мали попередній досвід використання Linux, у тому числі 44 % чоловіків і 37 % жінок. Аналіз середніх значень другого зрізу свідчить, що досвід студентів суттєво впливає на рівень їхніх навчальних досягнень. На третьому зрізі майже не спостерігається вплив досвіду на бали як хлопців, так і дівчат. Однак це твердження потребує більш детальної перевірки.

Для того щоб використовувати змішаний метод ANOVA, потрібно перевірити експериментальні дані на нормальність, рівність дисперсій і сферичність.

Залежна змінна (бали студентів) має бути нормально розподілена. Використовуючи функцію `shapiro_test`, що обчислює дані критерію Шапіро –

Вілка, було встановлено, що майже всі групи відповідають нормальному розподілу (крім рядків 2 та 3 попередньої таблиці).

Оскільки розмір вибірки перевищує 50 студентів, критерій Шапіро – Вілка може бути чутливим навіть до незначних відхилень. Тому нормальність розподілу було підтверджено графічно за допомогою функції `ggqqplot` (див. рис. 5.2.2).

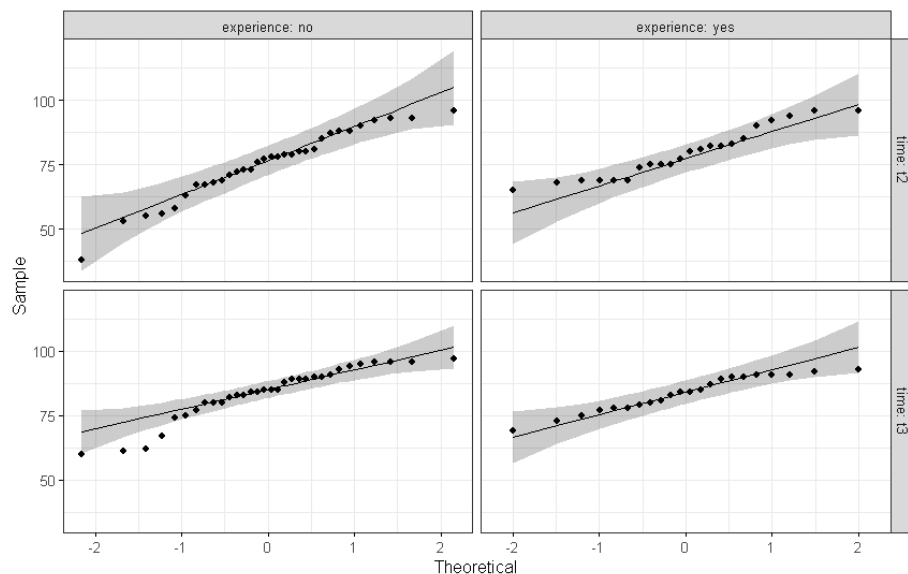


Рис. 5.2.2. Графічний метод перевірки нормальності розподілу оцінок здобувачів

Іншою вимогою до використання змішаного аналізу Anova є однорідність дисперсій. Дисперсія балів має бути рівною для між-групових факторів. Використовуючи критерій Левене та відповідну йому функцію `levene_test()`, було встановлено, що вимога однорідності дисперсій також виконується. Ще однією вимогою є припущення про сферичність, яке було перевірено за допомогою функції `anova_test()` R.

Використовуючи наступний фрагмент коду R, було досліджено тристоронню взаємодію між міжгруповими та внутрішньогруповими факторами.

```
res.aov <- anova_test(
  data = achievement, dv = score, wid = id,
  within = time, between = c(gender, experience))
```

Отримані результати подано у вигляді таблиці 5.2.2.

Таблиця 5.2.2. Оцінка впливу факторів статі, досвіду та номера зрізу оцінок у курсі «Операційні системи»

| Група | Фактор | Ступені свободи | F | p |
|-------|------------------|-----------------|--------|----------|
| 1 | Стать | 50 | 0.011 | 9.17e-01 |
| 2 | Досвід | 50 | 0.545 | 4.64e-01 |
| 3 | Зріз | 50 | 43.009 | 2.95e-08 |
| 4 | Стать:досвід | 50 | 1.120 | 2.95e-01 |
| 5 | Стать:зріз | 50 | 0.001 | 9.74e-01 |
| 6 | Досвід:час | 50 | 4.463 | 4.00e-02 |
| 7 | Стать:досвід:час | 50 | 7.254 | 1.00e-02 |

Як видно з таблиці, існує статистично значуща тристороння взаємодія між статтю, досвідом і балами, отриманими студентами під час повторних вимірювань ($p=0.01$). Для того щоб визначити, які рівні залежної змінної є статистично значущими, було виконано такі додаткові тести:

1. Тест двосторонньої взаємодії на кожному рівні часу. Цей тест не виявив статистичної значущості між факторами статі та досвіду. Крім того, цей тест не мав правильної інтерпретації для дослідження.

2. Тест двосторонньої взаємодії для перевірки впливу досвіду на бали студентів на кожному рівні статі. Результати функції `anova_test(dv = score, wid = id, between = experience)` довели наявність статистично значущого зв'язку між досвідом і навчальними досягненнями студентів чоловічої статі на другому етапі дослідження (див. табл. 5.2.3).

Таблиця 5.2.3. Зв'язок між досвідом та отриманими балами

| Група | Стать | Зріз | Фактор | Ступені свободи | F | p |
|-------|----------|------|--------|-----------------|-------|--------------|
| 1 | жіноча | 2 | досвід | 25 | 0.092 | 0.764 |
| 2 | чоловіча | 2 | досвід | 25 | 4.82 | 0.038 |
| 3 | жіноча | 3 | досвід | 25 | 0.007 | 0.936 |
| 4 | чоловіча | 3 | досвід | 25 | 0.001 | 0.974 |

Останній результат можна підтвердити попарними порівняннями. Для цього дані було згруповано за часом і статтю. Використовуючи метод коригування Бонферроні, було проведено попарне порівняння між рівнями досвіду (наявний, відсутній). Функція `pairwise_t_test(score ~ experience, p.adjust.method = "bonferroni")` повернула статистично значуще значення $p=0,0376$, що підтверджує вплив попереднього досвіду використання ОС Linux у студентів чоловічої статі під час другого зрізу оцінок. Виклик функції не виявив достовірної різниці між групами студенток із досвідом і без досвіду для обох зрізів ($p_2 = 0,764$ та $p_3 = 0,974$ відповідно).

Отриманий результат можна візуалізувати за допомогою графіків балів академічних досягнень (score) за статтю (gender), що враховують фактори попереднього досвіду здобувачів (experience) та номера зрізу (t2, t3) (див. рис. 5.2.3).

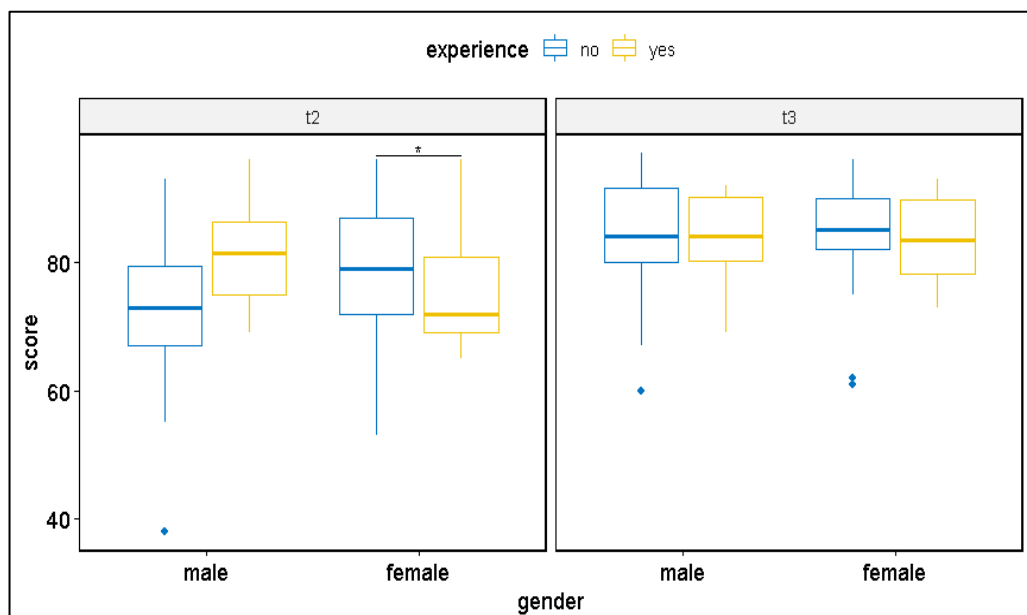


Рис. 5.2.3. «Коробкові» діаграми зведеної статистики додаткового дослідження в курсі «Операційні системи»

На основі аналізу наведених діаграм можемо зробити додаткові висновки:

- Медіани вказують на підвищення балів студентів від 2 до 3 зрізу дослідження, причому це спостерігається для всіх груп студентів (чоловіки, жінки, з досвідом або без).
- Досвід студенток на 2-му етапі дослідження не має впливу на рівень їх

академічних досягнень другого зрізу.

- Рух «коробок» по осі ординат свідчить про збільшення між зрізами кількості здобувачів з високим рівнем навчальних досягнень.
- Під час дослідження спостерігалися викиди. Зазвичай вони вказували на студентів, які мали заборгованості з курсу.

Продовжуючи дослідження, було опрацьовано запитання з анкети «Зворотний відгук наприкінці курсу». Вона є традиційним складником усіх курсів мережної академії Cisco. До аналізу було долучено такі запитання анкети:

1. Оцініть свій рівень задоволення такими аспектами курсу:

- онлайнві навчальні матеріали;
- лабораторні вправи;
- доступ до віртуальних машин;
- засоби оцінювання (тести, завдання лабораторних робіт, підсумковий іспит);

2. Оцініть, наскільки ви впевнені у своїх здатностях:

- розуміння концепції вільного програмного забезпечення (Open Source);
- пояснення значення ОС Linux;
- наведення прикладів застосування ОС Linux в освіті та виробництві;
- використання командного рядка (CLI) ОС Linux.

Відповіді на зазначені питання побудовані за принципом шкали Лайкерта. Відповіді студентів було перетворено в 5-бальну шкалу (від 0 балів – дуже незадоволений (зовсім не впевнений) до 4 балів – дуже задоволений (повністю впевнений)). Оцінки відповідають цій шкалі даних (див. Додаток Є). Відповідна таблиця містить стовпці «Задоволення, онлайн-матеріали», «Задоволення, лаб. роботи», «Задоволення, доступ до VM», «Задоволення, завдання», які відповідають першому запитанню (про рівень задоволеності), а також стовпці «Розуміння, концепції Open Source», «Розуміння, значення Linux», «Здатність, використання CLI», «Розуміння, Linux у освіті», що відповідають на другому запитанню (про здатності студентів).

Зазначені запитання було обрано з огляду на те, що вони важливі для розуміння ставлення студентів до змісту, методів і засобів курсу. Вони дозволяють визначити взаємозв'язок (кореляцію) між самооцінкою та результатами курсу.

Для вибору методу кореляції було виконано перевірку того, чи розподіл балів кожного запитання відповідає нормальному розподілу. Виклик функції `shapiro.test` засвідчив, що всі значення p є менші за 0,05. Це означає, що розподіли не є нормальними. Відповідно слід обчислювати коефіцієнти рангової кореляції Спірмена, що є показником ступеня монотонного зв'язку між парними даними. Коефіцієнт визначає, чи впливає кількісний фактор (бали студентів третього зрізу) на кількісну відповідь (змінні $S_{\text{}}$ та $A_{\text{}}$ відповідають рівню задоволення та здатностей). Ми інтерпретували отримані абсолютні значення коефіцієнта Спірмена за модифікованою шкалою Чеддока [407]:

- 0 – 0,19 – зв'язок дуже слабкий;
- 0,2 – 0,39 – зв'язок слабкий;
- 0,40 – 0,59 – зв'язок помірний;
- 0,60 – 0,79 – зв'язок сильний;
- 0,80 – 1,0 – зв'язок дуже сильний.

Його позитивне значення показує наявність прямого зв'язку між фактором і результатом. Від'ємний коефіцієнт свідчить про зворотну залежність. Таблиці 5.2.3 та 5.2.4 містять розраховані за допомогою бібліотеки «`corrplot`» коефіцієнти кореляції.

Таблиця 5.2.3. Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена для рівня задоволеності та здатностей здобувачів

| S_онлайн-матеріали | S_лабораторні | S_доступ до VM | S_завдання |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 0.54 | 0.50 | 0.61 | 0.41 |
| A_OpenSource | A_значення Linux | A_використання CLI | A_Linux_освіта |
| 0.37 | 0.61 | 0.46 | 0.23 |

Як видно з таблиці 5.2.3, виявлено сильний зв'язок між оцінками студентів та їх задоволеністю доступом до обох типів віртуальних машин (Sandbox і Apache

Cloudstack). Коефіцієнт кореляції між іншими компонентами задоволеності студентів відповідає помірному зв'язку. Можна констатувати, що існує сильна кореляція між розумінням студентами принципів ОС Linux і отриманими ними балами третього зрізу. На жаль, кореляція між тими ж балами та розумінням студентами ідеології Open-Source і можливостей використання Linux у галузі виявилася слабкою.

Графічне подання всіх значень коефіцієнтів кореляції Спірмена подано на рис. 5.2.4.

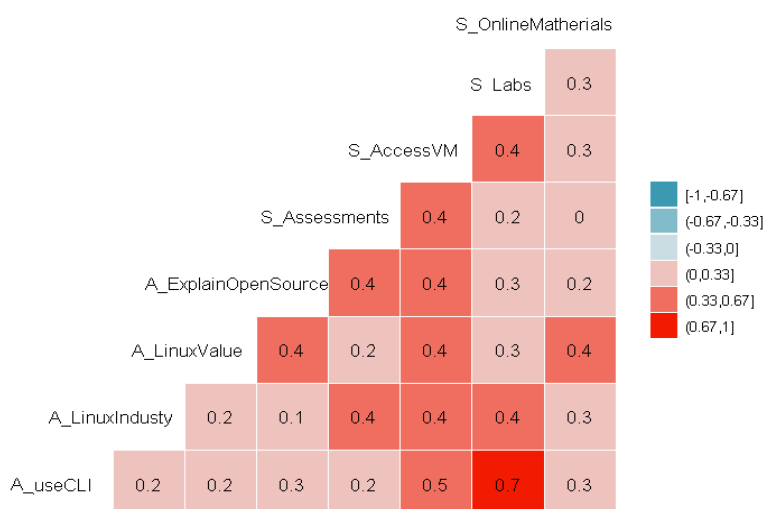


Рис. 5.2.4. Діаграма кореляційних пар відгуку про курс «Операційні системи»

Аналізуючи останній рисунок, можна зробити ще кілька висновків:

1. У цій анкеті відсутні негативні значення коефіцієнтів кореляції. Це означає, що для всіх питань існує позитивний зв'язок між відповідями студентів та оцінками третього зрізу.
2. Найбільший позитивний зв'язок існує між питаннями задоволеності лабораторними роботами та вмінням використовувати CLI.
3. Задоволеність доступом до віртуальних машин позитивно впливає на самооцінку всіх здібностей учнів. Можна передбачати, що першокурсники розуміють важливість практичного досвіду роботи з Linux і зручність роботи з цією ОС за допомогою сучасних хмарних технологій.

4. Відсутність кореляції між задоволеністю оцінюванням та онлайн-матеріалами курсу свідчить про те, що студенти є дещо незадоволені додатковими завданнями, зокрема у формі есе. Оскільки вони є індивідуальними, то вимагають значного обсягу часу, необхідного для успішного завершення курсу.

Ще однією дисципліною, у якій було реалізовано авторську методику використання ХОСН на бакалаврському рівні, є «Комп'ютерні мережі». З метою дослідження її ефективності було проведено педагогічний експеримент, у якому брали участь дві групи здобувачів кількістю по 20 студентів у кожній. Контрольна група (КГ), у якій студенти протягом усього курсу навчалися аудиторно під керівництвом викладача та працювали самостійно в позаурочний час. Студенти використовували реальні мережні пристрої та комп'ютери на заняттях і власне обладнання для самостійного навчання. Експериментальна група (ЕГ), у якій здобувачі вивчали теми ІТЕ-NET-01 – ІТЕ-NET-03 очно з викладачем та теми ІТЕ-NET-04 – ІТЕ-NET-07 за методикою комбінованого навчання із використанням хмарної лабораторії CL-NET.

З метою оцінки відмінностей між студентами контрольної та експериментальної груп після завершення вивчення тем ІТЕ-NET-01 – ІТЕ-NET-03 було проведено тестування (TEST1-NET-01-03). Результати тесту трансформовано в 100-бальну шкалу. На рис. 5.2.5 зображено впорядкований за спаданням розподіл оцінок студентів тесту TEST1-NET-01.

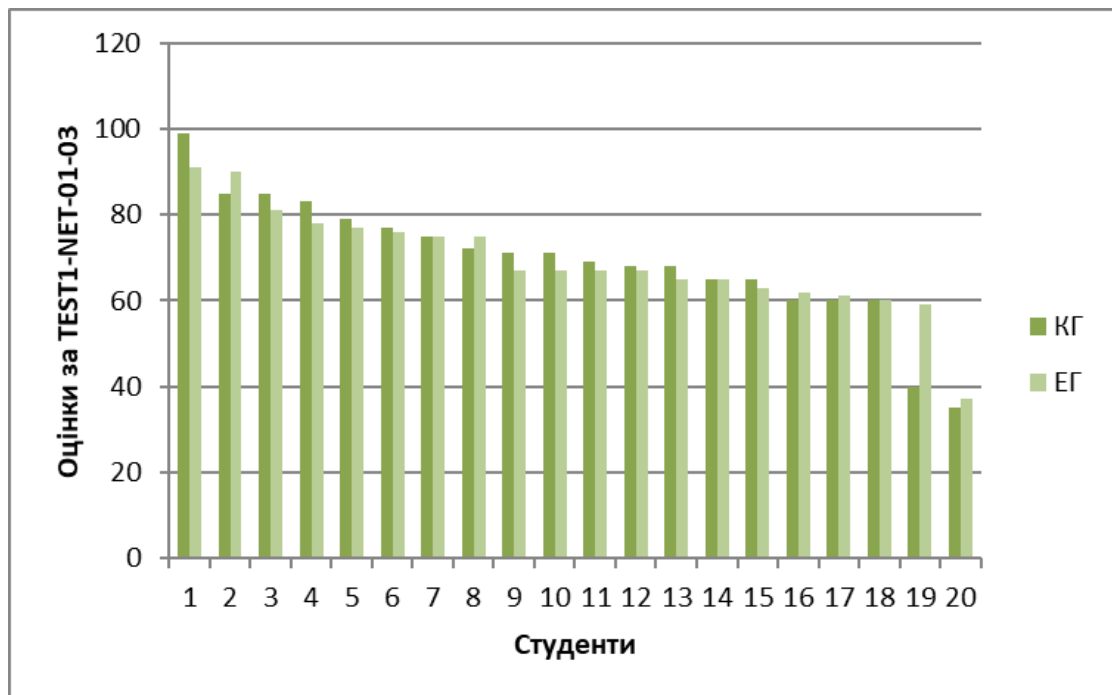


Рис. 5.2.5. Результати тесту TEST1-NET-01-03 у курсі «Комп’ютерні мережі»

Використовуючи критерій Колмогорова – Смірнова, було з’ясовано, що оцінки розподіляються за нормальним законом (двостороння асимптотична значущість для КГ та ЕГ: $\alpha_{КГ}=0,178$; $\alpha_{ЕГ}=0,127$). Враховуючи незначний розмір вибірки для верифікації статистичних відмінностей між групами можна використати t-критерій Стьюдента для незалежних вибірок за умови виконання таких припущень:

- групи повинні бути незалежними і мати приблизно нормальний розподіл;
- дисперсії двох груп мають бути приблизно рівними.

Статистичне опрацювання даних було виконано в середовищі SPSS. Отримані дані t-критерію Стьюдента наведено в таблиці 5.2.4.

Таблиця 5.2.4. Статистичні дані незалежних вибірок t-критерій Стьюдента після вивчення тем ІТЕ-NET-01 – ІТЕ-NET-03

| Гіпотеза | Тест Левене | | t | Ступені свободи | p-значення (2-стороннє) |
|----------------------------------------------|-------------|-------|-------|-----------------|-------------------------|
| | F | p | | | |
| Нульова (H ₀ :рівність дисперсій) | 0.232 | 0.633 | 0.047 | 38 | 0.963 |

З таблиці видно, що дані тесту Левене на рівність дисперсій підтверджують правильність вибору статистичного методу. Оскільки значущість перевищує 0,05,

можна стверджувати, що після вивчення тем ІТЕ-NET-01 – ІТЕ-NET-03 студенти контрольної та експериментальної груп не показали статистичних відмінностей у своїх навчальних досягненнях.

У подальшому студенти контрольної та експериментальної груп вивчали матеріал тем ІТЕ-NET-04 – ІТЕ-NET-07. Його зміст був однаковим для обох груп, навчання також проводив один і той же викладач. Студенти контрольної групи продовжували працювати, як і в попередньому випадку. Студенти експериментальної групи навчалися за авторською методикою. Після того, як студенти опанували зміст та виконали завдання лабораторних робіт тем ІТЕ-NET-04 – ІТЕ-NET-07, було проведено другий тест (TEST2-NET-04-07). Його результати показані на рис. 5.2.6.

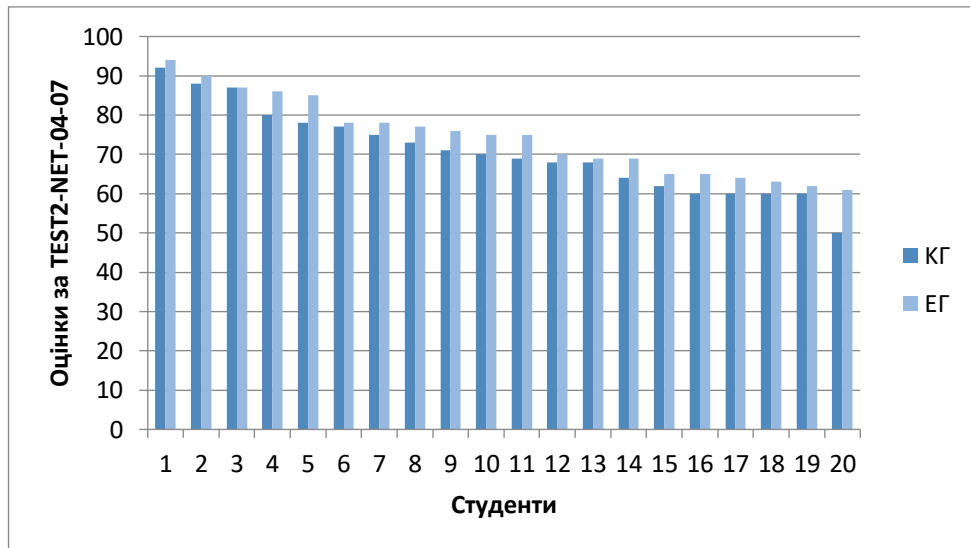


Рис. 5.2.6. Розподіл оцінок тесту TEST2-NET-04-07 у курсі «Комп'ютерні мережі»

Тест Колмогорова – Смирнова засвідчив відповідність оцінок у TEST2-NET-04-07 закону нормального розподілу. З огляду на це для дослідження статистичних відмінностей між оцінками, отриманими в тестах TEST1-NET-01-03 та TEST2-NET-04-07, було використано t-критерій Стьюдента для послідовних залежних вибірок. Відмінності між оцінками, отриманими в першому та другому тестуваннях, порівнювалися окремо для контрольної та експериментальної груп. Відповідні статистичні дані наведено в табл. 5.2.5.

Таблиця 5.2.5. Статистичні дані оцінок після вивчення тем ІТЕ-NET-04 – ІТЕ-NET-07 (t-критерій Стьюдента для залежних вибірок)

| | Відмінності між парами | | | t | Ступені свободи | р-значення (2-стороннє) |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|--------|-----------------|-------------------------|
| | Середнє | Стандартне відхилення | Стандартна помилка | | | |
| TEST1 оцінки КГ – TEST2 оцінки КГ | -1.250 | 5.973 | 1.336 | -0.936 | 19 | 0.361 |
| TEST1 оцінки ЕГ – TEST2 оцінки ЕГ | -5.300 | 5.105 | 1.140 | -4.647 | 19 | 0.000 |

Беручи до уваги рівень значущості $\alpha < 0,05$, можна стверджувати, що існують статистичні відмінності між балами, отриманими студентами ЕГ за виконання першого та другого тесту. Такий висновок не можна зробити щодо студентів КГ. Отже, маємо підстави стверджувати про ефективність авторської методики змішаного навчання, використаної в експериментальній групі на другому етапі дослідження.

5.2.2. Магістерський освітньо-професійний рівень

Для перевірки методики підготовки магістрантів, майбутніх учителів інформатики, до розгортання хмарних технологій було проведено педагогічний експеримент. Його метою було з'ясування впливу використання ХОСН на розвиток фахової компетентності здобувачів. Згідно з дослідженнями [310], [316] та відповідно до дидактичної моделі використання середовища зазначена компетентність містить такі складники: базові теоретичні знання, методи практичної діяльності, мотиваційні зв'язки та вміння використовувати хмарні технології в майбутній професійній діяльності.

Дослідження проводилося протягом 2016-2020 років. Експеримент мав формувальний та підсумковий етапи. Формувальний етап відповідав першому та другому етапам авторської моделі. Впродовж нього дослідження здійснювалося в мереж бакалаврського курсу «Комп'ютерні мережі». Пошуковий етап проводився в процесі навчання вибіркової дисципліни «Основи хмарних технологій».

На кожному етапі експерименту оброблялися такі дані:

- результати анкетування – як дані для вивчення цільового компонента;
- оцінки за всі контрольні роботи з курсу – як дані змістового складника моделі;
- оцінки, отримані студентами за виконання лабораторних робіт, – як дані операційного складника;
- оцінки за компетентнісне завдання – як дані результативного складника.

Для статистичної обробки цих даних ми використовували методичку, розроблену О. Г. Кузьмінською [43]. Щоб забезпечити достатній розмір вибірки, було вирішено опрацювати дані про успішність здобувачів протягом 4 років. Метою такої обробки було виявлення відмінностей в даних кожного з компонентів фахової компетентності. Для забезпечення однорідності груп на обох етапах оброблялися результати анкетування та оцінки одних і тих самих студентів. Усього за зазначений період навчання було опрацьовано оцінки 196 студентів. Усі дані формувального та підсумкового етапів наведено в додатку Є.

Оцінювання кожного з етапів дослідження було трансформовано в 100-бальну шкалу з таким розподілом:

- максимум 40 балів за тестові завдання курсу (змістовий компонент);
- максимально 40 балів за лабораторну роботу (операційний компонент);
- максимум 20 балів за виконання компетентнісного завдання (результативний компонент).

Дані цільового компонента було трансформовано відповідно до 20-бальної шкали та отримано з анкети «Відгук про курс CCNA1. «Вступ до мереж».

Для вибору статистичного методу опрацювання даних було враховано, що використовуються оцінки 4-х груп здобувачів відповідно до кожного року навчання (2016–2017, 2017–2018, 2018–2019 та 2019–2020), що слід розглядати як незалежні вибірки.

Обробку статистичних даних було виконано за допомогою мови R. Першочергово за допомогою критерію Лілієфорса (Колмогорова – Смирнова)

було досліджено відповідність даних констатувального етапу закону нормального розподілу й отримано такі дані статистичної значущості:

- $p\text{-value} = 0.01045$ для цільового компонента;
- $p\text{-value} = 0.1276$ для змістового компонента;
- $p\text{-value} = 0.1531$ для діяльнісного компонента;
- $p\text{-value} = 0.001434$ для результуючого компонента.

Як наслідок, можна вважати нормальним розподіл даних змістового та діяльнісного компонентів. На жаль, дані цільового та результуючого компонентів не відповідають зазначеній вимозі. З огляду на це для обробки перших двох компонентів можна використовувати більш потужний метод одностороннього дисперсійного аналізу (ANOVA) для незалежних груп. Іншу пару компонентів слід опрацьовувати за допомогою непараметричного аналогу одностороннього дисперсійного аналізу – методу Краскела – Волліса. Метою використання цих методів є перевірка, чи досліджувані групи є однорідними.

У випадку використання методу ANOVA необхідно додатково перевірити однорідність дисперсій у кожному розподілі. Для цього було використано тест на однорідність Левене. Наступний фрагмент коду мовою R демонструє результати виклику відповідних функцій:

```
leveneTest(AscertainingStageData$Content\  
~AscertainingStageData$Years,AscertainingStageData,center=mean)  
#Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)  
#   Df F value Pr(>F)  
#group 3 0.2084 0.8905  
#   192  
leveneTest(AscertainingStageData$Operational\  
~AscertainingStageData$Years,AscertainingStageData,center= mean)  
#Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)  
#   Df F value Pr(>F)  
#group 3 1.6235 0.1853  
#   192
```

Отримані значення $F = 0.8905$ і значення $F = 1.6235$ для змістового та операційного складника моделі є менші за критичне значення $F_{0.05}(3;192) = 8,53$. Відповідно р-значення ($p = 0.8905$ і $p = 0.1853$) перевищують рівень значущості ($\alpha = 0.05$). Це є підставою для відхилення нульової гіпотези про різницю дисперсій у вибірках. Отже, статистичний метод ANOVA можна використовувати для зазначених складників моделі.

Нульова та альтернативна гіпотези є такими:

- H_0 – існують відмінності між групами на констатувальному етапі;
 - H_1 – на констатувальному етапі між групами немає розбіжностей;
- Наступний код містить результат перевірки цих гіпотез.

```
summary(aov(Content~Years,data=AscertainingStageData))
```

```
#      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
#Years      3    57  18.96  0.822 0.483
```

```
#Residuals 192  4431  23.08
```

```
summary(aov(Operational~Years,data=AscertainingStageData))
```

```
#      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
#Years      3    57  19.04  0.751 0.523
```

```
#Residuals 192  4870  25.36
```

Аналізуючи отримані значення р, можна констатувати, що для обох компонентів слід відкинути нульову та прийняти альтернативну гіпотезу. Аналогічні гіпотези можна сформулювати для цільового та результативного компонентів. Наступний код містить перевірку однорідності груп за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу Краскела – Волліса.

```
kruskal.test(Target~Years, data = AscertainingStageData)
```

```
#Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
#data: Target by Years
```

```
#Kruskal-Wallis chi-squared = 6.3968, df = 3, p-value = 0.09382
```

```
kruskal.test(Effective~Years, data = AscertainingStageData)
```

```
#Kruskal-Wallis rank sum test
```

#data: Target by Effective

#Kruskal-Wallis chi-squared = 0.55391, df = 3, p-value = 0.9069

Враховуючи отримані значення p-value, слід прийняти альтернативну гіпотезу про однорідність груп на констатувальному етапі дослідження.

Завданням підсумкового етапу було виявлення відмінностей між групами протягом 2017–2020 років дослідження. Протягом цього періоду кожного навчального року було впроваджено компоненти моделі, зокрема:

- 2016–2017: розгорнута лабораторія CL-OS;
- 2017–2018: реалізовано проєкт «Хмарні сервіси в кожному школі»;
- 2018–2019: розгорнуто хмарні лабораторії CL-NET та CL-ADM;
- 2019–2020: до дисципліни «Основи хмарних технологій» інтегровані масові відкриті онлайн-курси платформ NetAcad та Coursera.

Аналогічні до констатувального етапу, було проаналізовано дані пошукового етапу – результати анкетування, оцінки за тести, лабораторні роботи та компетентнісне завдання.

Анкету для діагностики рівня мотиваційного компонента, що містила 20 запитань, було запропоновано до заповнення магістрантам, які вивчали курс «Основи хмарних технологій» у 2016–2020 навчальних роках. У ній були такі запитання:

1. Я розумію важливість хмарних технологій для організації навчальної діяльності.
2. Я розумію важливість хмарних технологій для організації проєктно-дослідницької діяльності учнів.
3. Я розумію важливість хмарних технологій для організації позакласної роботи учнів.
4. Я усвідомлюю, що хмарні технології розширюють можливості для розвитку ІК-компетентності учнів
5. Я стежу за появою нових хмарних сервісів для освіти.
6. Я спостерігаю за появою нових платформ для розгортання приватних хмар.

7. Я вивчав хмарні технології з використанням масових відкритих онлайн-курсів.
8. Я маю навички розроблення хмарних програм.
9. Я можу розробити окремі хмарні сервіси для хмаро орієнтованого середовища школи.
10. Я знаю переваги хмарних сервісів як засобу підтримки саморозвитку та самовдосконалення вчителя.
11. Я розумію, що використання хмарних сервісів позитивно впливає на якість навчання та урізноманітнює форми навчання.
12. Я намагаюся стежити за появою нових ресурсів та інструментів для хмарних технологій для підвищення своєї компетенції.
13. Я усвідомлюю, що вчителям необхідно впроваджувати та поширювати нові ідеї щодо використання хмарних технологій.
14. Я усвідомлюю переваги хмарних технологій і сучасних засобів зв'язку для співпраці навчальних закладів.
15. Я знаю про переваги хмарних технологій для зниження матеріальних витрат щодо супроводу навчання.
16. Мене цікавить використання хмарних технологій для покращення комунікації та підвищення конкурентоспроможності навчальних закладів.
17. Я дотримуюся правових та етичних стандартів під час використання хмарних служб і цифрового контенту.
18. Я брав / брала участь у спільних проєктах щодо створення ефективного освітнього середовища.
19. Я розгортав / розгортала хмарні сервіси для навчальних закладів.
20. Я виконував / виконувала супровід хмаро орієнтованого середовища школи.

Діагностику рівня діяльнісного складника моделі майбутніх учителів інформатики було виконано шляхом тестування вмінь використовувати набуті знання та вміння в нестандартних ситуаціях. Студенти мали продемонструвати вміння виконувати рефлексивний аналіз і корекцію своєї діяльності. Ми запропонували студентам для виконання компетентнісне завдання

(результативний складник). Вони мали розробити перспективний план розвитку ХОСН закладу освіти. Алгоритм реалізації плану мав містити детальний опис кожного етапу розгортання та використання середовища в школі:

1. Дизайн ХОСН:

- аналіз стану цифрового середовища школи;
- вивчення специфіки діяльності вчителів та учнів і визначення їх потреб у використанні хмарних сервісів;
- визначення функціональності хмарних сервісів;
- виявлення суб'єктів, для яких поки не вдається реалізувати необхідний функціонал;
- технічний аудит недоліків цифрового освітнього середовища закладу, зокрема обладнання, програмного забезпечення, персональних пристроїв, наявність доступу до інтернету;
- з'ясування фінансових можливостей навчального закладу.

2. Рекомендації щодо впровадження складників ХОСН:

- інформування вчителів, учнів, батьків про структуру та можливості використання ХОСН;
- розроблення політики безпеки використання хмарних сервісів і доведення до відома всіх учасників освітнього процесу;
- розроблення та впровадження алгоритму розгортання хмарних платформ;
- техніко-педагогічне забезпечення діяльності в ХОСН;
- навчання персоналу школи, інформування адміністрації про розвиток цифрових технологій.

3. Перспективи розвитку:

- визначення масштабованості ХОСН;
- розроблення плану дій у разі порушення конфіденційності персональних даних;
- підтримка сучасних стандартів, протоколів, правил оновлення всіх компонентів середовища;

- участь у національних і міжнародних освітніх проєктах.

Для визначення методу опрацювання одержаних статистичних даних було повторно застосовано тест Лілієфорса (Колмогорова – Смирнова) та отримано такі результати:

- $p\text{-value} = 0.01958$ для цільового компонента;
- $p\text{-value} = 0.07329$ для змістового компонента;
- $p\text{-value} = 0.06374$ для діяльнісного компонента;
- $p\text{-value} = 7.515 \times 10^{-6}$ для результативного компонента.

Значення p для цільового та результативного компонентів не відповідають нормальному розподілу. P -значення змістового та діяльнісного компонентів близькі до критичного значення 0.05, але все ж перевищують його. Тому будемо вважати отримані розподіли нормальними. Перевірка на однорідність їх дисперсій за допомогою функції `leveneTest` дала такі результати:

- $p\text{-value} = 0.427$ (змістовий складник);
- $p\text{-value} = 0.649$ (діяльнісний складник).

Отже, для зазначених компонентів можна застосувати односторонній дисперсійний аналіз. Наступний код демонструє результати виклику відповідних функцій.

```
summary(aov(Content~Years,data=ResearchingStageData))
#      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
#Years    3   378   126.0   3.612 0.0143 *
#Residuals 192  6701   34.9
```

Аналогічне застосування обраних статистичних методів дало підстави прийняти гіпотезу про існування відмінностей між групами з емпіричними значеннями $p_3\text{-value} = 4.73 \times 10^{-5}$, $p_4\text{-value} = 3.21 \times 10^{-4}$ для діяльнісного та результативного складника відповідно.

Отже, слід прийняти альтернативну гіпотезу в обох випадках про існування відмінностей між групами. На рис. 5.2.7 наведено діаграми квантильної шкали. Точки на діаграмі показують викиди. У нашому випадку такими викидами є низькі оцінки студентів, які мають заборгованості з курсу.

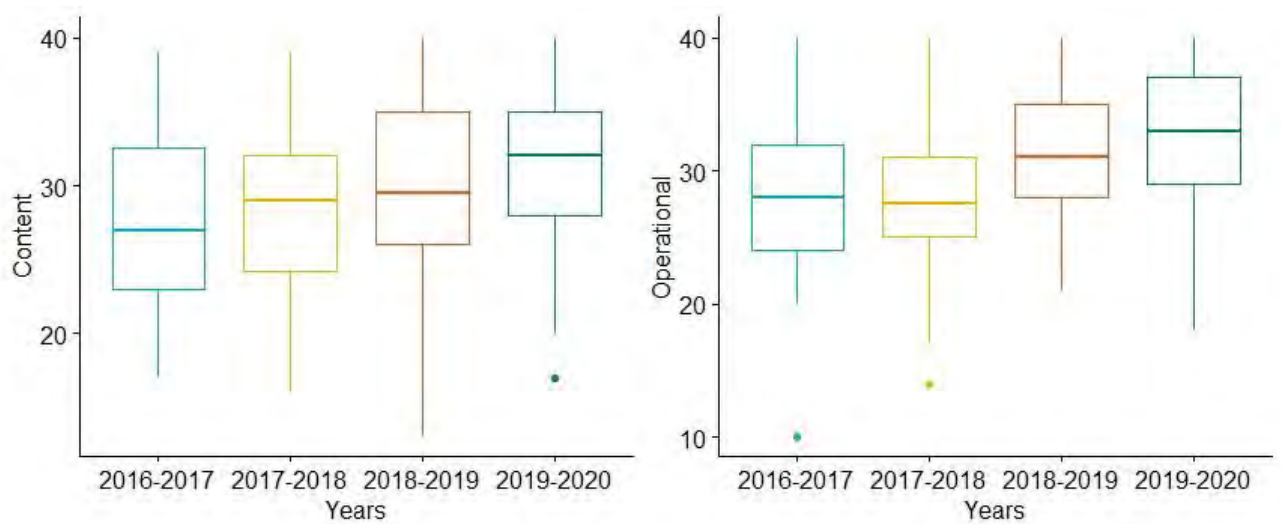


Рис. 5.2.7. Діаграми розподілів змістового та діяльнісного складників

Можна обгрунтовано припустити, що причиною цих змін є впровадження авторської методики. Проте застосований статистичний метод не дає відповіді про набір довірчих інтервалів (навчальних років) для яких з'ясовано відмінності між середніми значеннями є статистично значущими. Для визначення згаданих інтервалів було застосовано метод «чесної суттєвої різниці» Тьюкі. Наступний код демонструє отримані результати для обох досліджуваних компонент.

```
TukeyHSD(aov(Content~Years,data=ResearchingStageData))
#$Years      diff      lwr      upr      p adj
#2017-2018-2016-2017 0.9925994 -2.1827991 4.167998 0.8496254
#2018-2019-2016-2017 2.3033885 -0.7508257 5.357603 0.2090704
#2019-2020-2016-2017 3.7281806  0.6022937 6.854068 0.0121774
#2018-2019-2017-2018 1.3107890 -1.7611233 4.382701 0.6863632
#2019-2020-2017-2018 2.7355812 -0.4076003 5.878763 0.1122965
#2019-2020-2018-2019 1.4247921 -1.5959128 4.445497 0.6133838

TukeyHSD(aov(Operational~Years, data=ResearchingStageData))
#$Years      diff      lwr      upr      p adj
#2017-2018-2016-2017 0.06336725 -2.9224371 3.049172 0.9999401
#2018-2019-2016-2017 3.45547675  0.5836212 6.327332 0.0111944
#2019-2020-2016-2017 4.33000434  1.3907555 7.269253 0.0010348
#2018-2019-2017-2018 3.39210950  0.5036125 6.280606 0.0140729
#2019-2020-2017-2018 4.26663709  1.3111262 7.222148 0.0013706
```


#2019-2020-2018-2019 0.87452759 -1.9658195 3.714875 0.8552859

Для змістового складника виявлені статистично значущі відмінності між значеннями 2016–2017 та 2019–2020 навчальних років. Стосовно діяльнісного компонента можна зробити висновок, про існування відмінностей між групами здобувачів (за винятком діапазонів 2017–2018 – 2016–2017 та 2019–2020 – 2018–2019).

Для оцінки розвитку цільового компонента було використано тест Краскела – Волліса. Його результати засвідчили значення значущості $p\text{-value} = 0.067$, яке дає підстави прийняти нульову гіпотезу про відсутність статистично значущих відмінностей між групами. Як наслідок, ми не можемо зробити обґрунтований висновок про вплив методики на розвиток мотиваційного компонента фахової компетентності магістрантів.

Для результативного компонента функція тесту Краскела – Волліса повернула статистично значуще значення $p\text{-value}=0.0003$, що дає підстави прийняти альтернативну гіпотезу про наявність відмінностей між групами студентів. Для того щоб виконати порівняння між групами, було виконано тест Дунна та отримано такі результати:

```
PT = dunnTest(Effective~Years,data = ResearchingStageData)
# Comparison Z P.unadj P.adj
#1 2016–2017 – 2017–2018 0.08638957 0.9311567356 0.931156736
#2 2016–2017 – 2018–2019 -1.70307343 0.0885543273 0.177108655
#3 2017–2018 – 2018–2019 -1.78256141 0.0746577266 0.223973180
#4 2016–2017 – 2019–2020 -3.66052102 0.0002517029 0.001258514
#5 2017–2018 – 2019–2020 -3.72765494 0.0001932697 0.001159618
#6 2018–2019 – 2019–2020 -2.06601565 0.0388270019 0.155308008
```

Наведені результати засвідчують існування статистично-значущих відмінностей між групами здобувачів, що навчалися в періоди 2016–2017 – 2019–2020 та 2017–2018 – 2019–2020. Отже, є підстави зробити висновок про те, що участь у реальних проектах позитивно впливає на комплексне розуміння

студентами ролі хмарних технологій у цифровізації навчального процесу закладу освіти.

Висновки до розділу 5

У розділі експериментально підтверджено ефективність технологій адміністрування та методичної системи використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики. Зокрема, виконано порівняльний аналіз продуктивностей платформ Apache Cloudstack та Proxmox VE. На основі тестування на реальних задачах було з'ясовано, що платформи мають приблизно однакові показники продуктивності. Як наслідок, було підтверджено експериментальні дані з третього розділу, які свідчили про те, що платформи забезпечують виконання приблизно однакової віртуальних машин різних типів.

Результати експертного опитування дають змогу зробити висновок, що респонденти вважають дієвою авторську методику за впроваджувальним, організаційним та гностичним критеріями. Відповідно доцільними є застосування розроблених у ній технологій для розгортання й адміністрування загальнодоступної платформи Google Workspace у закладах вищої освіти та імплементація методики в освітні програми підготовки майбутніх учителів інформатики.

У ході педагогічного експерименту дослідження підтверджено гіпотезу про ефективність методичної системи використання ХОСН на розвиток складників фахової компетентності здобувачів. Зокрема, на основі порівняння оцінок здобувачів у курсах «Операційні системи» та «Комп'ютерні мережі» було виявлено статистичні відмінності між їх значеннями на констатувальному та формуальному етапах експерименту. На підставі аналізу експериментальних даних, отриманих у процесі підготовки майбутніх бакалаврів спеціальності «014.09 Середня освіта (Інформатика)», можна зробити висновок, що студенти надають перевагу практичним лабораторним заняттям перед теоретичними. Використання хмарних лабораторій CL-OS та CL-NET та аналіз анкет «Відгук

про курс» засвідчив, що затребуваним у здобувачів є короткий виклад теоретичного матеріалу в поєднанні з відповідними практичними завданнями. Вони дають студентам розуміння ідеології програмного забезпечення, принципів функціонування мережних технологій і розвитку відповідних навичок їх застосування у різних дистрибутивах, середовищах, обладнанні. Важливим складником методики використання ХОСН є авторські розробки, такі як завдання для лабораторних робіт, есе та тести. Кореляційний аналіз у курсі «Операційні системи» засвідчив, що студенти розуміють роль зазначених завдань. Педагогічний експеримент у згаданому курсі не виявив впливу попереднього досвіду чи статі студентів на їхні навчальні досягнення. Як наслідок, обґрунтованим висновком є теза, що основним чинником підвищення успішності майбутніх бакалаврів є авторська методика використання хмарних лабораторій.

Поєднання очного та онлайнного навчання дозволяє використовувати технологічні та методичні переваги хмаро орієнтованого середовища. Імплементация підходів комбінованого навчання в методиці використання ХОСН сприяє більш раціональному використанню обчислювальних ресурсів та часу здобувачів. При цьому процес навчання стає більш відкритим, студенти мають можливість навчитися керувати розподілом власного часу і виявляються набагато краще підготовленими для успішного проходження курсу.

На другому рівні вищої освіти ефективним методом організації навчальної діяльності є участь магістрантів у реальних проєктах. Використання зазначених методик суттєво впливає на комплексне розуміння здобувачами ролі хмарних технологій. Запропоновані навчальні проєкти підвищують пізнавальний інтерес студентів, дозволяють розвивати у них необхідні професійні навички, уміння працювати в команді та почуття відповідальності за спільну роботу, усвідомлення важливості розв'язання завдань щодо розгортання складників ХОСН у закладах освіти.

Основні результати дослідження, викладені в п'ятому розділі, відображено в таких публікаціях автора: [387], [339], [341], [179], [388], [340], [130], [181].

ВИСНОВКИ

Відповідно до поставленої мети і задач дисертаційного дослідження здійснено теоретичне узагальнення та практичне розв'язання наукової проблеми проєктування, адміністрування й використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики та отримано такі основні **результати**: узагальнено поняттєво-термінологічний апарат, що стосується використання технологій хмарних обчислень в освіті; проаналізовано досвід підготовки вчителів інформатики у вітчизняних і зарубіжних університетах; визначено роль хмарних технологій в освітньому процесі зазначених закладів; розкрито психолого-педагогічні аспекти використання хмарних технологій у процесі навчання студентів; спроектовано модель адміністрування й використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики; розроблено технології адміністрування хмаро орієнтованого середовища; обґрунтовано та розроблено методичну систему використання хмаро орієнтованого середовища в процесі навчання основних дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів інформатики; експериментально перевірено у ЗВО ефективність розроблених технологій та методичної системи.

У процесі дослідження поставленої мети було досягнуто, усі завдання виконано, загальна та часткові гіпотези дістали підтвердження.

Результати дослідження дали підстави для формулювання таких висновків:

1. Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду навчання майбутніх учителів інформатики дав можливість визначити як актуальну проблему забезпечення здобувачів навчальними й обчислювальними ресурсами, а також підтвердив затребуваність у розробленні нових і вдосконаленні чинних освітніх програм їх підготовки. Одним із шляхів розв'язання зазначених проблем є розвиток компетентностей щодо використання сервісів хмаро орієнтованого середовища. Основне поняття дослідження – хмаро орієнтоване середовище навчання майбутніх учителів інформатики трактовано як систему цифрових засобів, що функціонують відповідно до принципів хмарних обчислень і забезпечують повсюдний доступ студентів до інформаційних, обчислювальних ресурсів задля досягнення

програмних результатів підготовки здобувачів освіти. У проаналізованих освітньо-професійних програмах опосередковано та явно визначено не лише компетентності, необхідні для ефективного використання хмарних технологій у майбутній професійній діяльності, а й програмні результати, що стосуються організації та розгортання хмаро орієнтованих середовищ у закладах освіти. Аналіз освітніх програм зарубіжних університетів свідчить, що відповідні компетентності присутні в освітніх програмах провідних ЗВО, нормативних документах щодо підготовки та перепідготовки вчителя інформатики, змісті традиційних і масових відкритих онлайн-курсів.

2. Спроектувано концептуальну, дидактичну, сервісну моделі та модель адміністрування хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики . Відповідно до кожної з них базовими вимогами до використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики слід вважати такі:

- інтеграція фізичного та віртуального середовищ, підтримка дистанційного навчання, повсюдність навчання, забезпечення взаємодії всіх учасників освітнього процесу;
- систематичність, неперервність і послідовність використання складників ХОСН на всіх рівнях здобуття вищої освіти, починаючи із застосування окремих сервісів, через моделювання в ХОСН роботи цифрових і мережних систем до розгортання хмарних платформ та розроблення здобувачами їхніх власних сервісів;
- орієнтація на комбіновану модель хмарних обчислень передбачає поєднання платформ різних вендорів та провайдерів. Зокрема, доцільною є інтеграція загальнодоступних і корпоративних хмарних платформ, що надають програмне забезпечення, платформи та інфраструктуру як сервіс.

Остання із зазначених моделей є доцільною для імплементації у ЗВО, які здійснюють підготовку майбутніх учителів інформатики. Відповідно інфраструктуру проєктованого середовища мають утворювати апаратні та мережні засоби, що є ресурсами ЗВО, загальнодоступні та корпоративні хмарні платформи,

хмарні лабораторії для вивчення окремих дисциплін, «традиційні» та вебсервіси.

3. Адміністрування ХОСН є багатофакторним процесом, що вимагає залучення фахівців різного профілю та передбачає виконання таких технологічних завдань:

- аналіз можливостей загальнодоступних і корпоративних хмарних платформ на основі визначених критеріїв (функціонал платформи, ліцензування (наявність академічних тарифних планів), апаратні вимоги, підтримка мережних стандартів, наявність документації, можливість і доцільність вивчення здобувачами освіти);
- проєктування структури облікових записів користувачів, реалізацію єдиної системи автентифікації користувачів та інтеграцію сервісів хмаро орієнтованого середовища стосовно авторизації та уніфікованого доступу до навчальних й обчислювальних ресурсів; аналіз і моніторинг системних журналів функціонування та помилок у роботі складників середовища;
- розроблення методик оцінювання продуктивності хмарних платформ, створення шаблонів віртуальних машин, що відповідають навчальним дисциплінам або хмарним лабораторіям, визначення кількості здобувачів, що можуть одночасно працювати із зазначеними потужностями;
- створення стратегій для резервного копіювання складників корпоративної хмари (бази даних, системи управління, сховищ, віртуальних машин) і розроблення відповідних засобів; окреслені стратегії передбачають аналіз хмарної інфраструктури та методик резервного копіювання, добір і розгортання сховищ, а також оцінювання обсягів даних і часу, необхідного для виконання архівування та копіювання.

4. Методична система використання ХОСН у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики є обґрунтованою сукупністю взаємопов'язаних складників (змісту, методів, засобів і форм), імплементація якої має на меті розвиток фахових компетентностей здобувачів. Вона передбачає поетапне формування компетентностей бакалаврів і магістрів щодо розгортання та використання хмаро орієнтованих систем у їхній професійній діяльності. Відповідно до дидактичної

моделі основними етапами методики є підготовчий (використання ХОСН як засобу для організації освітньої діяльності), формувальний (використання складників ХОСН у навчанні розгортанню хмарних платформ) та підсумковий (навчання створенню власних хмарних сервісів). Розроблені в дослідженні курси передбачають систематичне використання всіх складників середовища, зокрема загальнодоступних і корпоративних платформ, хмарних лабораторій та окремих сервісів. На кожному з визначених етапів ефективними методами навчання є групова, проєктна діяльність здобувачів, спрямована на розв'язання практично-значущих задач. Для забезпечення відповідності змісту навчання розвитку цифрових технологій запропоновано використання хмарних лабораторій, складниками яких, окрім сервісів ХОСН, є масові відкриті онлайн-курси. Другий і третій етапи методики доцільно здійснювати в межах освітніх програм магістерського рівня підготовки майбутніх учителів інформатики. З цією метою в дослідженні розроблено вибіркочу дисципліну «Основи хмарних технологій», що передбачає залучення магістрантів до розгортання хмарних платформ.

5. Експериментальною перевіркою обґрунтованих теоретико-методичних засад проєктування, адміністрування та використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики засвідчено їхню практичну цінність. Дієвість моделі адміністрування ХОСН підтверджено на основі методу експертного опитування, а також через перевірку на практиці запропонованих засобів і методик. Ефективність методичної системи використання ХОСН забезпечує формування фахових компетентностей здобувачів, що доведено результатами педагогічних експериментів, у яких було використано методи анкетування та перевірки статистичних гіпотез. Отже, можна обґрунтовано стверджувати про готовність здобувачів до використання та розгортання хмаро орієнтованих середовищ у закладах освіти.

Продовження пошуку за визначеною проблематикою доцільно здійснювати в напрямках поширення одержаних результатів у навчання здобувачів третього рівня вищої освіти, їх імплементацію в програми підготовки суміжних спеціальностей, розроблення методик підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамик М. В., Лещук С. О., Олексюк В. П. Використання хмарних технологій у процесі навчання майбутніх учителів інформатики основам програмування. *Фізико-математична освіта*. 2018. Т. 18, № 4. С. 7–11. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-018-4-001>.
2. Адміністрування комп'ютерних мереж і систем. / Рамський Ю. С. та ін. Тернопіль: ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2010. 180 с.
3. Балик А. В., Олексюк В. П. Моделювання та розробка білінгової системи «NG-Stat». Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації. Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет, 2008. С. 16-21.
4. Балик Н. Р. Методика вивчення експертних систем у курсі інформатики та обчислювальної техніки : дис...канд. пед. наук. Київ, 1995. 191 с.
5. Балик Н. Р., Олексюк В. П., Березіцький М. М. Методичні аспекти використання масових відкритих онлайн-курсів у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. *Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі: матеріали Всеукр.наук.-практ. конф., м. Київ, 10 жовтня 2017 р. Київ. 2017. С. 13-14.*
6. Балик Н., Олексюк В., Лещук С. Інноваційні напрями науково-педагогічної діяльності кафедри інформатики та методики її викладання ТНПУ імені Володимира Гнатюка. *Теорія і практика використання інформаційних технологій в навчальному процесі* : матеріали Всеукр.наук.-практ. конф., м. Київ, 30 трав. 2017 р. 2017. С. 17–19.
7. Барна О., Кузмінська О. Визначення готовності закладу вищої освіти до цифрової трансформації. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 30 квіт. 2020 р. 2020. С. 92–94.
8. Биков В. Ю. Доменно-фреймова модель педагогічної системи. *Теорія і практика управління соціальними системами : філософія, психологія, педагогіка, соціологія*. 2004. 3. С. 50-69.

9. Биков В. Ю., Спірін О. М. Пінчук О. П. Сучасні завдання цифрової трансформації освіти. *Вісник Кафедри ЮНЕСКО «Неперервна професійна освіта XXI століття»*. 2020. №1. С. 27-36. DOI: [https://doi.org/10.35387/ucj.1\(1\).2020.27-36](https://doi.org/10.35387/ucj.1(1).2020.27-36) (дата звернення: 08.06.2023).
10. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти. Київ : ТОВ ВПФ «МЕГА», «Атіка», 2009. 684 с.
11. Биков В. Ю. та ін. Використання хмаро орієнтованої платформи відкритого навчання та досліджень для співробітництва у віртуальних колективах. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. Т. 76. № 2. С. 304–320. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v76i2.3706>
12. Биков В. Ю., Бузов О. Ю., Дементієвська Н. П. Кібербезпека в цифровому навчальному середовищі. *Інформаційні технології в освіті*. 2019. № 2. С. 313–331. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v70i2.2876>
13. Биков В., Лещенко М., Тимчук Л. Цифрова гуманістична педагогіка. Київ : ІТЗН НАПН України, 2017. 180 с.
14. Биков В. Ю., Шишкіна М. П. Концептуальні основи формування та розвитку хмаро орієнтованого навчально-наукового середовища університету в контексті пріоритетів відкритої науки. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 68, № 6. С. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6.2609>
15. Биков В. Ю. Відкрите навчальне середовище та сучасні мережні інструменти систем відкритої освіти. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: зб. наук. праць. Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2010. 9 (16). С. 9-16.
16. Биков В. Ю. Технології хмарних обчислень, ІКТ-аутсорсінг та нові функції ІКТ-підрозділів навчальних закладів і наукових установ *Інформаційні технології в освіті*. 2011. (10). С. 8-23.
17. Биков В. Ю. Цифрова трансформація суспільства і розвиток комп'ютерно-технологічної платформи освіти і науки України Інформаційно-цифровий

- освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку. 2019. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/718692/> (Дата звернення: 14.01.2023)
18. Биков В. Ю., Кремень В. Г. Категорії простір і середовище: особливості модельного подання та освітнього застосування *Теорія і практика упр. соц. системами: філос., психологія, педагогіка, соціол.* (2). С. 3-16. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/1188/> (дата звернення: 14.01.2023).
19. Буров О. Ю., Пінчук О. П. Цифрові технології дослідження впливу особливостей нервової системи на когнітивні можливості студентів. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2023. Т. 93, № 1. С. 199–216. URL: <https://doi.org/10.33407/itlt.v93i1.5147> (дата звернення: 18.03.2023).
20. Вакалюк Т. А. Теоретико-методичні засади проєктування і використання хмаро орієнтованого навчального середовища у підготовці бакалаврів інформатики: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.10. Київ, 2019. 614 с.
21. Вакалюк Т. А. Хмарні технології в освіті. Житомир: Видавництво ЖДУ імені Івана Франка. 2016. 72 с.
22. Вакалюк Т. А., Мар'єнко М. В. Досвід використання хмаро орієнтованих систем відкритої науки в процесі навчання і професійного розвитку вчителів природничо-математичних предметів. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2021. Т. 81, № 1. С. 340–355. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v81i1.4225>.
23. Валуйський В. М. та ін. *Створення освітнього web-простору для навчання*. URL: http://uiite.kpi.ua/fileadmin/_wfqbe/1245139683_web (дата звернення: 11.04.2018)
24. Великий тлумачний словник сучасної української мови : 250000 / уклад. та голов. ред. В. Т. Бусел. Київ; Ірпінь: Перун, 2005. 1728 с.
25. Вознюк О. В. Педагогічна синергетика: генеза, теорія і практика. Житомир: ЖДУ ім. І. Франка. 2012. 708 с.
26. Галан В. І., Олексюк В. П. Комп'ютерна практика. Навчально-методичні рекомендації. Тернопіль: ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2016. 24 с.

27. Глазунова О. Г. Принципи формування «академічної хмари» сучасного університету на основі відкритих програмних платформ. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2024. Т. 43, № 5. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v43i5.1096>.
28. Глазунова О. Г., Якобчук О. В. Проектування архітектури хмаро орієнтованого інформаційно-освітнього середовища для підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. Т. 44, № 6. С. 141–156. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v44i6.1133>
29. Глазунова О. Г. Теоретико-методичні засади проектування та застосування системи електронного навчання майбутніх фахівців з інформаційних технологій в університетах аграрного профілю: автореф. дис. ...д-ра пед. наук: 13.00.10. Київ, 2015. 42 с.
30. Даниско О. В., Семеновська Л. А. Генеза та сучасний зміст поняття змішаного навчання в зарубіжній педагогічній теорії і практиці. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 65, № 3. С. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v65i3.2138>
31. Дистанційне навчання: психологічні засади: монографія. М. Л. Смульсон та ін. За ред. М. Л. Смульсон. Кіровоград: Імекс-ЛТД, 2012. 240 с.
32. Жалдак М. І., Рамський Ю. С. Шкільній інформатиці – 25!. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. 2010. № 8. С. 3–9.
33. Жалдак М. І., Рамський Ю. С. Інформатика: навчальний посібник для педагогічних інститутів. К.: Вища школа, 1991. 319 с.
34. 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 і засоби навчання*. 2020. Т. 76, № 2. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v76i2.3711>
35. Жалдак М. І., Рамський Ю. С., Рафальська М. В. Модель системи соціально-професійних компетентностей вчителя інформатики. *Науковий часопис*

- Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2009. 7 (14). С. 3-10.
36. Задорожна Н. *Методологія інформатизації менеджменту наукової діяльності. Збірник наукових праць, присвячений 15-річчю заснування Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України*. Київ, 2014. С. 115–129.
37. *Заради вашої безпеки. Куншт.* URL: <https://kunsht.com.ua/zaradi-vashoi-bezpeki/> (дата звернення: 14.01.2023).
38. Іванова С. М. Проблема розвитку інформаційно-дослідницької компетентності наукових і науково-педагогічних працівників з використанням відкритих електронних науково-освітніх систем. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 68, № 6. С. 291–305. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6.2693>
39. Іванюк І. В., Овчарук О. В. Відповідь українських вчителів на Covid-19: виклики і потреби використання цифрових інструментів дистанційного навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. Т. 77, № 3. С. 282–291. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3952>
40. *Інтелектуальний розвиток дорослих у віртуальному освітньому просторі*. М.Л. Смульсон та ін. Київ: Інститут психології імені Г.С. Костюка НАПН України, 2015. 221 с.
41. Коваленко В. Застосування хмаро орієнтованих сервісів відкритої науки для професійного розвитку вчителів. *Фізико-математична освіта*. 2021. Т. 31, № 5. С. 45–53. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-031-5-007>.
42. Кремень В. Г. Педагогічна синергетика: понятійно-категоріальний синтез. *Теорія і практика управління соціальними системами: філос., психологія, педагогіка, соціол.* 2013. № 3. С. 3-19.
43. Кузьмінська О. Г. Теоретико-методичні засади проектування і застосування цифрового освітнього середовища наукової комунікації магістрів-дослідників: автореф. дис. ... доктора пед. наук : 13.00.10. Старобільськ, 2020, 40 с.

44. Кузьмінський А.І., Кучай О.В., Біда А.В. Використання польського досвіду підготовки фахівців з інформатики в системі педагогічної освіти України/ В. Ю. Биков та ін. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 68, № 6. С. 206–217. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6.2636>
45. Лешенко М. П., Яцишин А. В. Відкрита освіта у категоріальному полі вітчизняних і зарубіжних учених. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. Т. 39, № 1. С. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v39i1.985>
46. Лещенко М. П., Яцишин А. В. Відкрита освіта у категоріальному полі вітчизняних і зарубіжних учених. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. Т. 39, № 1. С. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v39i1.985>
47. Литвинова С. Г. On-line навчальне середовище вчителя-предметника загальноосвітнього навчального закладу. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2010. Т. 19, № 5. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v19i5.356>
48. Литвинова С. Г. Теоретико-методичні основи проектування хмаро орієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу: дис. ...д-ра пед. наук : 13.00.10. Київ, 2016. 602 с.
49. Литвинова С. Г., Спірін О. М., Анікіна Л. П. Хмарні сервіси Office 365: навчальний посібник. Київ : Компринт, 2013. 174 с.
50. Литвинова С. Г. Поняття й основні характеристики хмаро орієнтованого навчального середовища середньої школи. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. 40(2). С. 26–41. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v40i2.970>
51. Лугова Т. А. Геймдизайн орієнтований підхід до розробки навчальних дисциплін закладів вищої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2021. Т. 81, № 1. С. 235–254. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v81i1.3265>
52. Лупаренко Л. А. Добір електронних відкритих журнальних систем для наукових видань з освітніх досліджень. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 60. № 4. С. 324-343.
53. Мар'єнко М. Європейська хмара відкритої науки та застосування її компонентів в освітньому процесі. *Збірник тез Всеукраїнської науково-*

- практичної інтернет-конференції з нагоди відзначення Дня науки, м. Київ, 21 трав. 2021 р. Київ. С. 367–369.
54. Маркова О. М., Семеріков С. О., Стрюк А. М. Хмарні технології навчання: витоки. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2015. Т. 46, № 2. С. 29. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v46i2.1234>
55. Мерзликін О. В., Семеріков С. О. Перспективні хмарні технології в освіті *Хмарні технології в сучасному університеті (ХТСУ-2015)* : тези доповідей науково-практичного семінару 24 березня 2015 р. Черкаси, 2015. С. 31-33.
56. Мінтій І. С., Іванова С. М. Огляд можливостей референс-менеджера Mendeley. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/728608/> (дата звернення: 02.04.2022)
57. Морзе Н. В., Балик Н. Р. Шляхи формування підприємницької компетентності майбутніх інформатиків. *Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах*. 2015. 1. С. 8-17.
58. Морзе Н. В. Методика навчання інформатики. Київ : Навч. кн., 2004. Т. 1 : Загальна методика навчання інформатики. 256 с.
59. Морзе Н. В., Глазунова О. Г. Критерії якості електронних навчальних курсів, розроблених на базі платформ дистанційного навчання. *Інформаційні технології в освіті*. 2009. № 4. С. 63–75. DOI: <https://doi.org/10.14308/ite000093>
60. Морзе Н. В., Глазунова О. Г. Моделі ефективного використання інформаційно-комунікаційних та дистанційних технологій навчання у вищому навчальному закладі. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2008. Т. 6, № 2. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v6i2.138>
61. Новий освітній простір. *Міністерство освіти і науки України*. URL: <https://mon.gov.ua/ua/tag/novij-osvitnij-prostir> (дата звернення: 15.01.2023).
62. Ноздріна Л.В. Методичні підходи до створення МООС. *Інформаційні технології в освіті*. 2016. № 27. С. 81–99. DOI: <https://doi.org/10.14308/ite000588>
63. Носенко Ю. Інтеграція LMS Moodle з хмарним сервісом Microsoft Office 365. Збірник матеріалів третьої міжнародної науково-практичної конференції

- «MoodleMoot Ukraine 2015. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle», м. Київ, 21 трав. 2015 р.
64. Носенко Ю., Попель М., Шишкіна М. Стан та перспективи використання адаптивних хмарних систем навчання у закладах вищої освіти (сфера України). *Педагогіка вищої та середньої школи*. 2019. Т. 52. С. 56–69. DOI: <https://doi.org/10.31812/pedag.v52i0.3776>
65. Околіта М. В., Олексюк В. П. Деякі аспекти використання хмарних технологій у процесі вивчення інформатики у 10–11 класах закладів середньої освіти. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. IV міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 7-8 лист., 2019. м. Тернопіль. 2019. С. 172-175.
66. Олексюк В. П. Застосування електронних систем відкритого доступу у процесі підготовки майбутніх магістрів середньої освіти в галузі інформатики // *Збірник наукових праць Національної академії державної прикордонної служби України. Сер. Педагогічні науки*. Хмельницький : НАДПСУ, 2019. №1(16). С.312-326.
67. Олексюк В. П. Застосування хмарних технологій у процесі проектування ІТ-інфраструктури ВНЗ. *Новітні комп'ютерні технології*. 2014 (12). С. 25-39.
68. Олексюк В. П. Модель хмаро орієнтовного середовища навчання майбутніх учителів інформатики. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. X міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль, 10–11 лист. 2022 р. Тернопіль, 2022. С. 158-161.
69. Олексюк В. П., Лещук С. О. Можливості курсу Cisco DevNet Associate для забезпечення вибірковості освітніх програм підготовки майбутніх учителів інформатики. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. VII міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 8 квітня, 2021. м. Тернопіль. 2021. С. 162-164.
70. Олексюк В. П., Олексюк О. Р. Актуалізація синергетичного підходу у дослідженні відкритої освіти. *Науковий часопис Національного педагогічного*

- університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: зб. наук. праць. 2017. Вип. 19 (26). С. 113-117.
- 71.Олексюк В. П. OpenAIRE як інструмент відкритої науки. *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України* : зб. матер., м. Київ, 10 лютого 2022 р. Київ, 2022. С. 52-55.
- 72.Олексюк В. П. Досвід інтеграції системи управління навчанням Moodle з хмарними сервісами Google Apps. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти.* 2015. №8(3). С. 42-47.
- 73.Олексюк В. П. Особливості розвитку інформаційно-дослідницької компетентності магістрів середньої освіти у галузі інформатики. *Звітна науково-практична конференція Інституту інформаційних технологій та засобів навчання НАПН України* : зб. матер., м. Київ, 11 лютого 2021 р. Київ, 2021. С. 151-161.
- 74.Олексюк В. П. Сервіс Mendeley Data як засіб оприлюднення експериментальних даних у науково-педагогічних дослідженнях. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2022)* : зб. матер. VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Черкаси, 23–25 червня 2022 р. Черкаси, 2022. С. 98-100.
- 75.Олексюк В. П., Габрусєв В. Ю., Балик А. В. Деякі аспекти інтеграції веб-сервісів вищого навчального закладу. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка.* 2011. № 1. С. 228-234.
- 76.Олексюк В. П. Деякі аспекти застосування сервісів Google Apps у вищому навчальному закладі. *Інформаційні технології в освіті.* 2013. № 16. С. 116-122. DOI: <https://doi.org/10.14308/ite000435>.
- 77.Олексюк В. П. Досвід інтеграції хмарних сервісів Google Apps у інформаційно-освітній простір вищого навчального закладу. *Інформаційні*

технології і засоби навчання. 2013. Т. 35, № 3. С. 64–73.
DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v35i3.824>

- 78.Олексюк В. П. Досвід проектування складених мереж у академічній хмарі, розгорнутій на основі Apache Cloudstack. *Foss Lviv-2016* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. м. Львів, 19–22 квітня 2016 р., Львів. 2016. С. 90-94.
- 79.Олексюк В. П. Застосування академічної хмари для моделювання процесів мережної взаємодії у навчанні майбутніх учителів інформатики. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. II міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 8-9 лист, 2018. м. Тернопіль. 2018. С. 121-124.
- 80.Олексюк В. П. Моделювання складених мереж у віртуальній хмарній лабораторії, побудованій на основі Apache Cloudstack та EVE-NG. *Foss Lviv-2018* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. м. Львів, 26–28 квітня 2018 р., Львів. 2018. С. 58-61.
- 81.Олексюк В. П. Організаційно-педагогічні аспекти використання хмарної платформи Apache Cloudstack у навчальному процесі. *Foss Lviv-2017* : зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. м. Львів, 27–30 квітня 2017 р., Львів. 2017. С. 67-70.
- 82.Олексюк В. П. Організаційно-технічні аспекти розгортання корпоративної хмари як складової ІТ-інфраструктури ВНЗ. *Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції Foss Lviv-2014.* (м. Львів, 18 лютого, 2014). м. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2014. С. 67-71.
- 83.Олексюк В. П. Особливості підготовки майбутніх учителів інформатики до застосування хмарних технологій. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи.* матеріали Міжн. наук.-практ. інтернет-конф., м. Тернопіль, 8–9 листопада, 2017 р. 2017. С. 75-79.
- 84.Олексюк В., Олексюк О. Розвиток освітнього середовища в умовах становлення цифрового суспільства. *Розвиток професійної майстерності педагога в умовах нової соціокультурної реальності* : матеріали V Міжн. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 29 верес. 2022 р. 2022. С. 278–282.

- 85.Олексюк В. П. Проектування моделі хмарної інфраструктури ВНЗ на основі платформи Apache Cloudstack. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2016. Т. 54, № 4. С. 153. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v54i4.1453>
- 86.Олексюк В. П. Проектування моделі хмарної інфраструктури ВНЗ на основі платформи Apache Cloudstack. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2016. Т. 54, № 4. С. 153. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v54i4.1453>
- 87.Олексюк В. П. Упровадження технологій хмарних обчислень як складових ІТ-інфраструктури ВНЗ. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. Т. 41, № 3. С. 256–267. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v41i3.1042>
- 88.Олексюк О. Р., Олексюк В. П. Інтеграція інституційного репозитарію в інформаційно-освітнє середовище ВНЗ. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. Т. 44, № 6. С. 220–232. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v44i6.1164>
- 89.Олексюк В. П. Формування у майбутніх учителів інформатики компетентностей безпечної діяльності у комп'ютерних мережах. *Фізико-математична освіта*. 2017. Вип. 4. С. 244-249.
- 90.Олексюк В. П. Досвід інтеграції LMS MOODLE з хмарними сервісами Google Apps та Microsoft Office 365. *MoodleMoot Ukraine 2016. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle*: зб. матер. IV міжн. наук.-практ. конф. м. Київ, 11–20 травня 2016 р. Київ. 2016. URL: <https://2016.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=96> (Дата звернення 02.12.2022).
- 91.Олексюк В. П., Олексюк О. Р. Стан сформованості компетентностей з інформаційної безпеки майбутніх учителів інформатики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 62, № 6. С. 277. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v62i6.1906>.
- 92.Олексюк В. Можливості використання курсів мережевої академії Cisco у процесі навчання майбутніх учителів інформатики. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців:*

- методологія, теорія, досвід, проблеми*, 2022. № 56. 142–149.
DOI:<https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-56-142-149>
- 93.Олексюк В. П. Застосування віртуальних хмарних лабораторій у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*: зб. наук. праць. 2015. Вип. 15 (22). С. 76-81.
- 94.Олексюк В. П., Іванова С. М., Мінтій І. С. Оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень: зарубіжний досвід. *Освітній вимір*. 2021. Т. 56, № 4. С. 58–74. DOI: <https://doi.org/10.31812/educdim.v56i4.4435>.
- 95.Олексюк В.П., Олексюк О. Р. Інституційний репозитарій: можливості застосування у навчальному процесі. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2012. Т. 32, № 6. URL: <https://doi.org/10.33407/itlt.v32i6.755>.
- 96.Осадчий В. В., Валько Н. В., Кушнір Н. О. Побудова освітнього середовища STEM-орієнтованого навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. Т. 75, № 1. С. 316–330. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v75i1.3213>
- 97.Освітньо-професійна програма «Інформатика та математика першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 014 Середня освіта галузі знань 01 Освіта/Педагогіка». Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. https://difeq.chnu.edu.ua/media/2yrfsnvv/op_bakalavru_soi_hotovuui.pdf (дата звернення: 14.01.2023).
- 98.Освітньо-професійна програма «Середня освіта (Інформатика) другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 014 Середня освіта галузі знань 01 Освіта/Педагогіка». ТНПУ імені Володимира Гнатюка. URL: https://tnpu.edu.ua/about/public_inform/akredytatsiia%20ta%20litsenzuvannia/osvitni_prohramy/magistr/fizmat/014.09_2022.pdf (дата звернення: 14.01.2023).
- 99.Освітньо-професійна програма «Середня освіта (Інформатика) другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 014 Середня освіта галузі знань 01 Освіта / Педагогіка». ЛНУ імені Івана Франка <https://ami.lnu.edu.ua/wp->

content/uploads/2020/10/OP_Serednia_osvita_informatyka_2020_proekt.pdf

(дата звернення: 14.01.2023)

100. Освітньо-професійна програма «Середня освіта (Інформатика) першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 014 Середня освіта галузі знань 01 Освіта / Педагогіка». ТНПУ імені Володимира Гнатюка. URL: https://tnpu.edu.ua/navchannya/014_Informatyka_bakalavr_2018.pdf (дата звернення: 14.01.2023).
101. Освітньо-професійна програма «Інформатика. Програмування» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 014 Середня освіта галузі знань 01 Освіта / Педагогіка». Криворізький державний педагогічний університет. <https://kdpu.edu.ua/informatyky-ta-prykladnoi-matematyky/navchalno-metodychna-robota/navchalni-dystsypliny/bakalavr/14389-spetsialnist-01409-serednia-osvita-informatyka.html> (дата звернення: 14.01.2023).
102. Освітньо-професійна програма «Інформатика» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 014 Середня освіта галузі знань 01 Освіта / Педагогіка». Ізмаїльський державний гуманітарний університет. http://idgu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/07/2018_osv.prohr.informveb_vstup_2018_bak.pdf (дата звернення: 14.01.2023).
103. Освітня програма «014.09 Середня освіта (Інформатика)». *Запорізький національний університет*. URL: <https://www.znu.edu.ua/ukr/pk/4362/bakalavr/12333> (дата звернення: 14.01.2023).
104. Освітня програма «014.09 Середня освіта (Інформатика)». *Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини*. URL: <https://udpu.edu.ua/navchannia/osvitni-prohramy/31349/> (дата звернення: 14.01.2023).
105. Освітня програма «Середня освіта (інформатика), (з вибірковими блоками «Освітня робототехніка і комп'ютерний дизайн», «Англійська мова»)». НПУ імені М.П. Драгоманова. URL: <https://kitp.fmif.npu.edu.ua/014-09/> (дата звернення: 14.01.2023).

106. Освітня програма 014 Середня освіта / Середня освіта (Інформатика) Бакалавр 2021 | Eportfolio. Житомирський державний університет імені Івана Франка. URL: <https://eportfolio.zu.edu.ua/op/14/bachelor/2021/> (дата звернення: 14.01.2023).
107. Освітня програма 014 Середня освіта / Середня освіта (Інформатика) Магістр 2020 | Eportfolio. Житомирський державний університет імені Івана Франка. URL: <https://eportfolio.zu.edu.ua/op/10/magister/2020/> (дата звернення: 14.01.2023).
108. Основи хмарних технологій / Олексюк В. П. Тернопіль: Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти, 2018. 156 с.
109. Оцінювання інформаційно-комунікаційної компетентності учнів та педагогів в умовах євроінтеграційних процесів в освіті / ред.: В. Биков, О. Овчарук. Київ : Пед. думка, 2017. 160 с.
110. Панфілов О. Ю., Романова І. В. Синергетичний підхід в осмисленні освіти. *«Вісник НЮУ імені Ярослава Мудрого»*. Серія: Філософія, філософія права, політологія, соціологія. 2019. Т. 3, № 42. С. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.21564/2075-7190.42.170335>
111. Панченко Л. Ф. Використання в освіті дорослих відкритих курсів платформи Future Learn. *Україна – ЄС: крос-культурні порівняння в освітніх дослідженнях* : матеріали Міжн. наук.-практ. конф., м. Київ. 22–23 травня 2017 р., 2017, С. 133-138.
112. Пінчук О. П., Литвинова С. Г., Буров О. Ю. Синтетичне навчальне середовище – крок до нової освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Т. 60, № 4. С. 28. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v60i4.1831>
113. Прийма С. М. Розробка теоретико-методологічних засад відкритої освіти як стратегії реалізації ідей і принципів людиномірності. *Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету*. Серія: Педагогіка. 2013. №. 2. С. 70-83.

114. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII : станом на 23 берез. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 23.03.2023).
115. Про вищу освіту. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 14.01.2023).
116. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII : станом на 1 січ. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 15.01.2023).
117. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 29 грудня 2016 року «Про Доктрину інформаційної безпеки України». *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/47/2017#Text> (дата звернення: 15.01.2023).
118. Про схвалення Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 03.03.2021 р. № 167-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-p#Text> (дата звернення: 24.08.2022).
119. Про схвалення Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 23.02.2022 р. № 286-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-p#Text> (дата звернення: 24.08.2022).
120. Проектування і використання відкритого хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища закладу вищої освіти / В. Ю. Биков та ін. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019. Т. 74, № 6. С. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v74i6.3499> (дата звернення: 14.01.2023).
121. Професійна педагогічна освіта: акме-синергетичний підхід. / За ред. О. А. Дубасенюк. *Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка*, 2011. 389 с.
122. Рамський Ю. С. Зміни в професійній діяльності вчителя в епоху інформатизації освіти. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. К.: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2007. № 5 (12). С. 10-13.

123. Рамський Ю. С. Зміни в професійній діяльності вчителя в епоху інформатизації освіти. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання.* К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. №5 (12). С. 10-13
124. Рамський Ю. С., Олексюк В. П. Формування інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики у процесі підготовки їх до розробки освітніх ресурсів. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2, Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання.* 2010. №8(15). С.65-69.
125. Рамський Ю. Методична система формування інформаційної культури майбутніх вчителів математики : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02. Київ, 2013. 56 с.
126. Рамський Ю. С., Олексюк В. П. Модель навчання майбутніх учителів інформатики застосування хмарних технологій. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : зб. наук. праць.* 2018. №20 (27). С. 28-32.
127. Рамський Ю. С., Олексюк В. П. Модель навчання майбутніх учителів інформатики застосування хмарних технологій *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : зб. наук. праць.* 2018. №20 (27). С. 28-32.
128. Рамський Ю. С., Олексюк В. П. Методичні аспекти навчання майбутніх учителів інформатикизастосуванню мережних технологій. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка.* 2007. № 6. С.16-23.
129. Рамський Ю. С., Олексюк В. П. Формування інформаційної культури майбутніх учителів математики у процесі застосування та вивчення мережних технологій. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка.* 2008. № 8. С.3-11.

130. Розгортання та адміністрування хмарної платформи Google Workspace for education у закладі вищої освіти / О. М. Спирін та ін. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. Т. 92, № 6. С. 172–197. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v92i6.5078>
131. Сейдаметова З. С., Аблялімова Э. И., Меджитова Л. М. *Облачные технологии в образовании*. Сімферополь: ДІАЙПІ, 2012. 204 с.
132. Сейдаметова С. М. Сокол Ю. К. Психолого-педагогічні аспекти застосування синергізму в ІТ-освіті. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. Київ: 2011. - Вип. 10 (17). С. 136-139.
133. Семеріков С. О. *Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі*. Київ – Кривий Ріг : Мінерал, 2009. 340 с.
134. Сердюк Л. З. *Психологія мотивації учіння майбутніх фахівців: системно-синергетичний підхід*. К.: Університет «Україна», 2012. 323 с.
135. Смолин О. І., Олексюк В. П. Інтернет речей як технологічний феномен ХХІ століття. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. V міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 30 квітня, 2020. м. Тернопіль. 2020. С. 147-149.
136. Смолин О. І., Олексюк В. П. Розумне навчальне середовище як складник сучасного освітнього простору. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : зб. матер. VI міжнар. наук.-практ. інтерн.-конф., м. Тернопіль. 8 лист., 2020. м. Тернопіль, 2020. С. 51-53.
137. Смільсон М. Л., Депутат В. В., Іванова О. В. Психологічні умови розвитку суб'єктної активності у віртуальному просторі на прикладі дистанційного курсу. *Технології розвитку інтелекту*. 2018. Т. 9, № 2.
138. Співаковський О. В., Винник М. О., Тарасіч Ю. Г. Побудова ІКТ інфраструктури ВНЗ: проблеми та шляхи вирішення. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2014. 39(1). С. 99–116. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v39i1.996>

139. Спірін О. М. Інформаційно-комунікаційні та інформатичні компетентності як компоненти системи професійно-спеціалізованих компетентностей вчителя інформатики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2009, 5 (13).
140. Спірін О. М. Теоретичні та методичні основи кредитно-модульної системи навчання майбутніх учителів інформатики : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04. Житомир, 2008. 488 с.
141. Спірін О. Диференційований підхід у вивченні основ штучного інтелекту в курсі інформатики фізико-математичного факультету вищого педагогічного закладу : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Київ, 2001. 223 с.
142. Спірін О. М., Вакалюк Т. А. Формування інформаційно-комунікаційної компетентності бакалаврів інформатики щодо використання хмаро орієнтованого навчального середовища. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019, 4 (72). с. 226 –245.
143. Спірін О. М. Критерії і показники якості інформаційно-комунікаційних технологій навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2021. Т. 33, № 1. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v33i1.788>
144. Спірін О. М. та ін. Використання електронних систем відкритого доступу для інформаційно-аналітичної підтримки педагогічних досліджень. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2016. Т. 55, № 5. С. 136–174. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v55i5.1501>
145. Спірін О. М. та ін. Критерії добору хмаро орієнтованої системи управління навчанням для закладу вищої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. Т. 89, № 3. С. 105–120. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v89i3.4958>
146. Спірін О. М., Головня О. С. Застосування технологій віртуалізації Unix-подібних операційних систем у підготовці бакалаврів інформатики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 65, № 3. С. 201-222. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v65i3.2055>
147. Спірін О.М., Ковальчук В.Н. Методика забезпечення он-лайн безпеки старшокласників у навчально-виховному процесі школи. *Інформаційні*

- технології і засоби навчання.* 2011. Т. 21, № 1.
DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v21i1.411>
148. Спірін О. М., Носенко Ю. Г., Яцишин А. В. Сучасні вимоги і зміст підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації з інформаційно-комунікаційних технологій в освіті. *Інформаційні технології і засоби навчання.* 2016. Т. 56, № 6. С. 219–239.
DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v56i6.1526>
149. Спірін, О. М. Методична система базової підготовки вчителя інформатики за кредитно-модульною технологією. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, 2013. 182 с.
150. Стандарт вищої освіти за спеціальністю 125 «Кібербезпека». *Міністерство освіти і науки України.* URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/uploads/public/5bb/626/1a8/5bb6261a84776166409164.pdf> (дата звернення: 15.01.2023).
151. Стрюк А. М., Семеріков С. О., Тарасов І. В. Компетентність бакалавра інформатики з програмування. *Інформаційні технології і засоби навчання.* 2015. Т. 46, № 2. С. 91. URL: <https://doi.org/10.33407/itlt.v46i2.1225> (дата звернення: 18.09.2022).
152. Тоффлер Е. Третя Хвиля. Київ: Всесвіт, 2000. 480 с.
153. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математичних дисциплін у ВНЗ: проблеми, стан і перспективи. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання.* 2010. №. 9. С. 16-29.
154. Філософія: словник термінів та персоналій / В. С. Бліхар та ін. Київ: КВІЦ, 2020. 274 с.
155. Хмарні технології. Факультет інформаційних технологій. *КНУ імені Тараса Шевченка.* URL <https://fit.univ.kiev.ua/archives/6188> (дата звернення: 17.10.2022).

156. Шишкіна М. П. Теоретико-методичні засади формування і розвитку хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища вищого навчального закладу. дис. ...д-ра пед. наук : 13.00.10. Київ, 2016. 441 с.
157. Шишкіна М. П., Спірін О. М., Запорожченко Ю. Г. Проблеми інформатизації освіти України в контексті розвитку досліджень оцінювання якості засобів ІКТ. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2012. Т. 27, № 1. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v27i1.632>
158. Яцишин А., Весельська Ю., Вербельчук Б. Про використання EBSCO для розвитку інформаційно-дослідницької компетентності науковців. *Збірник доповідей звітної наукової конференції Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України*, м. Київ. 2018. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/711913/> (дата звернення: 15.01.2023).
159. A cloud-based learning environment for developing student reflection abilities / Y.-T. Lin та ін. *Computers in Human Behavior*. 2014. Т. 32. С. 244–252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.12.014>
160. A Dictionary of Computer Science / ред.: A. Butterfield, G. E. Ngondi. Oxford University Press, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/acref/9780199688975.001.0001>
161. A framework for process–solution analysis in collaborative learning environments / C. Bravo et al. *International Journal of Human-Computer Studies*. 2008. Vol. 66, no. 11. P. 812–832. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.08.003>
162. About CSTA’s K-12 Standards. *The Computer Science Teachers Association*. URL: <https://www.csteachers.org/page/about-csta-s-k-12-nsbp-standards> (дата звернення: 14.01.2023)
163. Alabama Cybersecurity Programs | CyberDegrees.org. *Explore Cybersecurity Degrees and Careers* | *CyberDegrees.org*. URL: <http://www.cyberdegrees.org/listings/alabama/> (date of access: 15.01.2023).

164. Ali A., Hawryszkiewicz I. Cloud as infrastructure for managing complex scalable business networks, privacy perspective. *The Cloud Security Ecosystem*. 2015. P. 249–267. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801595-7.00012-4>
165. Ali E., Susandri, Rahmaddeni. Optimizing Server Resource by Using Virtualization Technology. *Procedia Computer Science*. 2015. Vol. 59. P. 320–325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.572>
166. Al-Samarraie H., Saeed N. A systematic review of cloud computing tools for collaborative learning: Opportunities and challenges to the blended-learning environment. *Computers & Education*. 2018. T. 124. C. 77–91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.016> (дата звернення: 25.08.2022).
167. Al-Samarraie H., Saeed N. A systematic review of cloud computing tools for collaborative learning: Opportunities and challenges to the blended-learning environment. *Computers & Education*. 2018. Vol. 124. P. 77–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05>.
168. Ambivalence Towards Convergence. *Digitalization and Media Change*. 2007, 19-31. URL: <https://www.duo.uio.no/handle/10852/37257> (date of access: 14.01.2023).
169. An authentication flaw in browser-based Single Sign-On protocols: Impact and remediations / A. Armando et al. *Computers & Security*. 2013. Vol. 33. P. 41–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2012.08.007>
170. An observational study of undergraduate students' adoption of (mobile) note-taking software / A. Schepman та ін. *Computers in Human Behavior*. 2012. T. 28, № 2. C. 308–317. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.09.014> (дата звернення: 16.09.2022).
171. Androshchuk I., Androshchuk I. Methodology in Training Future Technology and Engineering Teachers in the USA. *Comparative Professional Pedagogy*. 2017. T. 7, № 3. C. 70–74. DOI: <https://doi.org/10.1515/rpp-2017-0038>
172. Baker M. Digital Transformation. Buckingham, 2014. 93 p.
173. Balyk N. R., Shmyger G. P., Ya Ph Vasylenko, Oleksiuk V.P. STEM centre as a factor in the development of formal and non-formal STEM education. *Journal of*

Physics : Conference Series. 2022. Vol. 2288 (2022) 012035. DOI : 10.1088/1742-6596/2288/1/012030

174. Balyk N., Barna O., Shmyger G., Oleksiuk V. Model of Professional Retraining of Teachers Based on the Development of STEM Competencies. *Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Kyiv, Ukraine, May 14-17, 2018. CEUR Workshop Proceedings. Volume 2104. P.318-331. https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_157.pdf (Last accessed: 02.12.2022)
175. Balyk N., Oleksiuk V., Halas A. Development a computer network user support tool. Proceedings of the 2nd Student Workshop on Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2019). Kryvyi Rih, Ukraine, November 29, 2019. CEUR Workshop Proceedings. 2019. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2546/paper11.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
176. Balyk N., Oleksiuk V., Shmyger G. Development of E-Learning Quality Assessment Model in Pedagogical University. Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kyiv, Ukraine, May 15-18, 2017. CEUR Workshop Proceedings. Volume 1844. P. 440-450. <https://ceur-ws.org/Vol-1844/10000440.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
177. Balyk N., Shmyger G, Vasylenko Ya., Oleksiuk V. Design of educational environment for teachers' professional training. *Proceeding The International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2020)*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20207503010>
178. Balyk N., Shmyger G, Vasylenko Ya., Oleksiuk V., Barna O. The Digital Capabilities Model of University Teachers in the Educational Activities Context. *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI, 2020)*. CEUR Workshop Proceedings. 2020. P. 1097-1112. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2732/20201097.pdf> (Last accessed : 02.12.2022)

179. Balyk N., Vasylenko Ya., Oleksiuk V., Shmyger G. Designing of Virtual Cloud Labs for the Learning Cisco CyberSecurity Operations Course. *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. CEUR Workshop Proceedings. Volume 2393. P. 960-967. http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_338.pdf
180. Balyk N., Vasylenko Ya., Shmyger G. Oleksiuk V., Skaskiv A. Design Approaches to the Development of Teacher's Digital Competencies in the Process of Their Lifelong Learning. *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. CEUR Workshop Proceedings. Volume 2393. P. 204-219. http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_237.pdf (Last accessed: 02.12.2022)
181. Balyk N.; Vasylenko Ya, Oleksiuk V., Oleksiuk O., Digital Educational Environment of Teachers' Professional Training in Pedagogical University. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology – Volume 1: AET*. P. 154-166. 2022. DOI: 10.5220/0010922100003364.
182. Balyk N.; Vasylenko Ya, Oleksiuk V., Oleksiuk O., Shmyger, G Cloud Labs as a Tool for Learning Cisco CyberSecurity Operations and DevNet Associate Fundamentals Courses. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology – Volume 1: AET*. P. 308-318. 2022. DOI : 10.5220/0010924000003364
183. Basu S., Biswas G., Kinnebrew J. S. Learner modeling for adaptive scaffolding in a Computational Thinking-based science learning environment. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. 2017. T. 27, № 1. C. 5–53. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11257-017-9187-0>
184. Before It's Too Late. *Chicago State University*. URL: <https://www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/BeforeItsTooLate2000.pdf> (дата звернення: 14.01.2023).

185. Bell D. Cyberspace/Cyberculture. *International Encyclopedia of Human Geography*. 2009. P. 468–472. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.00937-8>.
186. Berezytskyi M. M., Oleksyuk V. P. Massive open online courses as a stage in the development of e-learning. *Information Technologies and Learning Tools*. 2016. Vol. 56, no. 6. P. 51. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v56i6.1479>
187. Bisogno P. Scientific Research and Human Needs. *Research and Human Needs*. 1981. C. 11–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-027417-1.50005-4>
188. Bralić A., Divjak B. Integrating MOOCs in traditionally taught courses: achieving learning outcomes with blended learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2018. Vol. 15, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0085-7>
189. Bratsuk I., Kavin S. Legislative principles of information security provision in the European Union member states. *Vilnius University Open Series*. 2020. No. 6. P. 18–28. DOI: <https://doi.org/10.15388/os.law.2020.2>
190. Brennen J. S., Kreiss D. Digitalization. *Wiley Online Library*. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118766804.wbiect111> (date of access: 14.01.2023).
191. Bristow R., Dodds T., Plugge L. Cloud Computing and the Power to Choose. *EDUCAUSE Review*. URL: <https://er.educause.edu/articles/2010/6/cloud-computing-and-the-power-to-choose> (date of access: 14.01.2023).
192. Brzezinski Z. Between Two Ages. URL: <https://solipsyzm.pl/between2ages.pdf> (дата звернення: 13.01.2023).
193. Carroll N., Helfert M., Lynn T. Towards the Development of a Cloud Service Capability Assessment Framework. *Computer Communications and Networks*. London, 2014. P. 289–336. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6452-4_12
194. Carter G. LDAP system administration. Beijing : O'Reilly, 2003. 294 p.
195. Castells M. et el. The Mobile Communication Society. 2004. 327 p. URL: <http://hack.tion.free.fr/textes/MobileCommunicationSociety.pdf> (дата звернення: 13.01.2023).

196. CCNA: Introduction to Networks. *Networking Academy*. URL: <https://www.netacad.com/ru/courses/networking/ccna-introduction-networks> (date of access: 15.01.2023).
197. CCNA: Switching, Routing, and Wireless Essentials. *Networking Academy*. URL: <https://www.netacad.com/courses/networking/ccna-switching-routing-wireless-essentials> (date of access: 15.01.2023).
198. Cernat M. Ethical challenges of the e-learning system. *Challenges of the Knowledge Society*. Vol. 3, pp. 1320-1324.
199. Chang V., Wills G., Walters R.J., Currie W. Towards a Structured Cloud ROI: The University of Southampton Cost-Saving and User Satisfaction Case Studies. *Sustainable ICTs and Management Systems for Green Computing*. 2012. DOI: 10.4018/978-1-4666-1839-8.ch008.
200. Characteristics of Blockchain and Smart Services, for Smart Governments: A systematic review of the literature / A. A. D. Mohamed et al. *International Journal of Information Systems and Project Management*. 2022. Vol. 10, no. 3. P. 30–55. DOI: <https://doi.org/10.12821/ijispm100302>
201. Cloud computing and data security threats taxonomy: A review / M. Farsi et al. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2020. Vol. 38, no. 3. P. 2517–2527. DOI: <https://doi.org/10.3233/jifs-179539>
202. Cloud computing fundamentals: AWS. *University of Helsinki*. URL: <https://courses.helsinki.fi/en/data20003/122093146> (дата звернення: 14.01.2023)
203. Cloud Computing. *University of Cambridge*. URL: <https://www.cl.cam.ac.uk/teaching/1819/CloudComp/> (дата звернення: 14.01.2023)
204. Cloud computing: Systems, Networking, and Frameworks. *Berkeley University*. URL: <http://people.eecs.berkeley.edu/~istoica/classes/cs294/11/> (дата звернення: 14.01.2023)
205. Cloud Networking and Computing. *Yale*. URL: <https://zoo.cs.yale.edu/classes/cs425/spring17/> (дата звернення: 14.01.2023)
206. Comparison between physical devices and simulator software for Cisco network technology teaching / Liangxu Sun та ін. *2013 8th International Conference on*

- Computer Science & Education (ICCSE)*, м. Colombo, Sri Lanka, 26–28 квіт. 2013 р. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1109/iccse.2013.6554134>
207. Computer Engineering Curricula 2016. *Association for Computing Machinery*. URL: <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/ce2016-final-report.pdf> (дата звернення: 14.01.2023)
208. Computer Engineering Curricula 2020. *Association for Computing Machinery*. URL: <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2020.pdf> (дата звернення: 14.01.2023)
209. Course | edX. edX | Free Online Courses by Harvard, MIT, & more | edX. URL: <https://courses.edx.org/courses/course-v1:LinuxFoundationX+LFS151.x+2T2018/course/> (дата звернення: 14.01.2023).
210. Creating Effective Teaching and Learning Environments: First Results from TALIS. URL: <https://www.oecd.org/berlin/43024880.pdf> (date of access: 14.01.2023).
211. Cropf R. A. Benkler, Y. *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*. New Haven and London: Yale University Press. 528 pp. *Social Science Computer Review*. 2007. Vol. 26, no. 2. P. 259–261. DOI: <https://doi.org/10.1177/1084713807301373>.
212. CyberOps Associate. *Networking Academy*. URL: <https://www.netacad.com/courses/cybersecurity/cyberops-associate> (date of access: 15.01.2023).
213. de Moraes L. B., Parpinelli R. S., Fiorese A. Application of deterministic, stochastic, and hybrid methods for cloud provider selection. *Journal of Cloud Computing*. 2022. Vol. 11, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13677-021-00275-1>
214. Definition of infrastructure | Dictionary.com. *www.dictionary.com*. URL: <https://www.dictionary.com/browse/infrastructure> (date of access: 14.01.2023).
215. Design Guidelines and Empirical Case Study for Scaling Authentic Inquiry-based Science Learning via Open Online Courses and Interactive Biology Cloud

- Labs / Z. Hossain et al. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2017. Vol. 28, no. 4. P. 478–507. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-017-0150-3>
216. Design Guidelines and Empirical Case Study for Scaling Authentic Inquiry-based Science Learning via Open Online Courses and Interactive Biology Cloud Labs / Z. Hossain et al. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2017. Vol. 28, no. 4. P. 478–507. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-017-0150-3>
217. Developing Applications and Automating Workflows Using Cisco Platforms (DEVASC). Cisco. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/training-events/training-certifications/training/training-services/courses/developing-applications-and-automating-workflows-using-cisco-core-platforms-devasc.html> (date of access: 15.01.2023).
218. Diaby T., Rad B. B. Cloud Computing: A review of the Concepts and Deployment Models. *International Journal of Information Technology and Computer Science*. 2017. Vol. 9, no. 6. P. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2017.06.07>
219. *Dictionary of Minor Planet Names*. Berlin, Heidelberg. P. 701. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-29925-7_7618
220. DigComp. EU Science Hub. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcomp_en (date of access: 15.01.2023).
221. DigCompEdu. EU Science Hub. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu_en (дата звернення: 25.08.2022).
222. Digital Education Action Plan (2021-2027). European Education Area. URL: <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan> (дата звернення: 25.08.2022).
223. Digitalization. Dictionary.com. URL: <https://www.lexico.com/definition/digitization> (date of access: 14.01.2023).
224. Ding J., Xiong C., Liu H. Construction of a digital learning environment based on cloud computing. *British Journal of Educational Technology*. 2014. T. 46, № 6. C. 1367–1377. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjet.12208>

225. Directive on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data. *EUR-Lex – Access to European Union law – choose your language*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016L0680> (date of access: 15.01.2023).
226. Do articles in open access journals have more frequent altmetric activity than articles in subscription-based journals? An investigation of the research output of Finnish universities / K. Holmberg et al. *Scientometrics*. 2019. Vol. 122, no. 1. P. 645–659. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03301-x>
227. Doelitzscher F., Sulistio A., Reich C. et al. Private cloud for collaboration and e-Learning services IaaS to SaaS. *Computing* 91, 23–42. 2011. DOI: [10.1007/s00607-010-0106-z](https://doi.org/10.1007/s00607-010-0106-z).
228. Donati P. The digital matrix and the hybridisation of society. *Post-Human Institutions and Organizations*. 2019. P. 67–92. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781351233477-5>
229. Donsbach W. International Encyclopedia of Communication. Wiley & Sons, Limited, John, 2008. 6128 p.
230. Ercan T. Effective use of cloud computing in educational institutions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2010. Vol. 2, no. 2. P. 938–942. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.130>
231. Essential Google Cloud Infrastructure: Foundation. *Coursera*. URL: <https://www.coursera.org/learn/gcp-infrastructure-foundation?specialization=gcp-architecture> (date of access: 14.01.2023).
232. Essential Google Cloud Infrastructure: Foundation. *Coursera*. URL: <https://www.coursera.org/learn/gcp-infrastructure-foundation> (date of access: 15.01.2023).
233. Eucalyptus Documentation. URL: <https://docs.eucalyptus.cloud/eucalyptus/5/> (date of access: 15.01.2023).
234. Examining Penetration Tester Behavior in the Collegiate Penetration Testing Competition / B. S. Meyers et al. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*. 2022. Vol. 31, no. 3. P. 1–25. DOI: <https://doi.org/10.1145/3514040>

235. Faircloth J. Building penetration test labs. *Penetration Tester's Open Source Toolkit*. 2017. P. 371–400. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802149-1.00010-5>
236. Fan L. Design of A Ticket-Based Single Sign-On Protocol. *Procedia Engineering*. 2011. Vol. 23. P. 537–542. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2544>
237. Features of distance learning of cloud technologies for the organization educational process in quarantine / T. A. Vakaliuk та ін. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. T. 1840, № 1. C. 012051. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012051>
238. Fernandes J., Costa R., Peres P. Putting Order into Our Universe: The Concept of Blended Learning—A Methodology within the Concept-based Terminology Framework. *Education Sciences*. 2016. Vol. 6, no. 4. P. 15. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci6020015>
239. Flew T. *New Media: An Introduction* (3rd edn). Oxford: Oxford University Press, 2008. 304 pp
240. Four Axes of Rhetorical Convergence. *Dictionary of Minor Planet Names*. Berlin, Heidelberg. P. 847. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-29925-7_9429
241. Frameworks, DPS and procurement. *Jisc*. URL: <https://www.jisc.ac.uk/frameworks> (date of access: 15.01.2023).
242. Franceschini F., Maisano D. Aggregating multiple ordinal rankings in engineering design: the best model according to the Kendall's coefficient of concordance. *Research in Engineering Design*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00163-020-00348-3>
243. *Fundamentals of Cloud Computing with Microsoft Azure*. Harvard University. URL: <https://online-learning.harvard.edu/course/fundamentals-cloud-computing-microsoft-azure> (дата звернення: 14.01.2023)
244. *Fundamentals of Network Communication*. Coursera. URL: <https://www.coursera.org/learn/fundamentals-network-communications#syllabus> (date of access: 15.01.2023).

245. Fundamentals of Network Communication. *Coursera*. URL: <https://www.coursera.org/learn/fundamentals-network-communications#syllabus> (date of access: 15.01.2023).
246. Galvis Á. H. Supporting decision-making processes on blended learning in higher education: literature and good practices review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2018. Vol. 15, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0106-1>
247. Gangwar H., Date H. Understanding cloud computing adoption: A model comparison approach. *Human Systems Management*. 2016. T. 35, № 2. C. 93–114. DOI: <https://doi.org/10.3233/hsm-150857>
248. Garrison D. R., Kanuka H. Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*. 2004. Vol. 7, no. 2. P. 95–105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.02.001>
249. Georgiev T., Georgieva E., Smrikarov A. m-learning. *the 5th international conference*, M. Rouse, Bulgaria, 17–18 черв. 2004 p. New York, New York, USA, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1145/1050330.1050437>
250. Gillespie T. Designed to ‘effectively frustrate’: copyright, technology and the agency of users. *New Media & Society*. 2006. Vol. 8, no. 4. P. 651–669. DOI: <https://doi.org/10.1177/1461444806065662>.
251. Gillet D., Li N. Case Study 2: Designing PLE for Higher Education. *Responsive Open Learning Environments*. Cham, 2014. P. 115–133. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-02399-1_5
252. GitHub - labbots/google-drive-upload: Bash scripts to upload files to google drive. *GitHub*. URL: <https://github.com/labbots/google-drive-upload/> (date of access: 15.01.2023).
253. Glazunova O., Shyshkina M. The Concept, Principles of Design and Implementation of the University Cloud-based Learning and Research Environment. *Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications*. (ICTERI, 2018). CEUR

- Workshop Proceedings. 2018. P. 332-347. URL: https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_158.pdf (дата звернення: 02.12.2022)
254. 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, Ukraine, June 21-24, 2016. CEUR Workshop Proceedings. Volume 1614. P. 157-167. https://ceur-ws.org/Vol-1614/paper_64.pdf (Last accessed: 02.12.2022)
255. Gnana Jeslin J., Mohan Kumar P. Decentralized and Privacy Sensitive Data Deduplication Framework for Convenient Big Data Management in Cloud Backup Systems. *Symmetry*. 2022. Vol. 14, no. 7. P. 1392. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym14071392>
256. Google Cloud Fundamentals: Core Infrastructure. *Coursera*. URL: <https://www.coursera.org/learn/gcp-fundamentals> (date of access: 15.01.2023).
257. Google dataset search and DOI for data in the ESA space science archives / A. Masson та ін. *Advances in Space Research*. 2021. Т. 67, № 8. С. 2504–2516. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.01.035>
258. Google for Education. *Google for Education*. URL: <https://edu.google.com/workspace-for-education/editions/compare-editions/> (date of access: 15.01.2023).
259. Gorenšek T., Andrej A. Conceptualization of digitalization: opportunities and challenges for organizations in the euro-mediterranean area. URL: https://emuni.si/wp-content/uploads/2020/01/IJEMS-2-2019_93-115.pdf (date of access: 14.01.2023).
260. Grgurina N. Computer Science Teacher Training at the University of Groningen. *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin, Heidelberg. С. 272–281. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-69924-8_25
261. Groys B. Art Power. Cambridge, Massachusetts : MIT Press, 2008. 197 p.

262. Guilar J. D., Loring A. Dialogue and Community in Online Learning: Lessons from Royal Roads University. *Journal of distance education*. 2008. Vol. 22, no. 3. P. 19–40.
263. Gupta A., Kumar J., Mathew D.J., Bansal S., Banerjee S., Saran H. Design and Implementation of the Workflow of an Academic Cloud. In: Kikuchi, S., Madaan, A., Sachdeva, S., Bhalla, S. (eds) *Databases in Networked Information Systems*. DNIS 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 7108. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25731-5_2
264. Hackmann W. D. J.R. Beniger. The Control Revolution. Technological and Economic Origins of the Information Society. Cambridge, Mass., and London: Harvard University Press, 1986. Pp. x + 493. *The British Journal for the History of Science*. 1989. Vol. 22, no. 1. P. 86–87.
265. Hallal K., HajjHussein H., Tlais S. A Quick Shift from Classroom to Google Classroom: SWOT Analysis. *Journal of Chemical Education*. 2020. Vol. 97, no. 9. P. 2806–2809. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00624>
266. Hollands F., Tirthali D. MOOCs: Expectations and reality. Center for Benefit-Cost Studies of Education, Teachers College, Columbia University, New York. 2014. 212 p.
267. Holovnia O. S., Oleksiuk, V. P. Selecting cloud computing software for a virtual online laboratory supporting the Operating Systems course. Cloud Technologies in Education : Proceedings of the 9th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2021). Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018. CEUR Workshop Proceedings. 2019. URL : <http://ceur-ws.org/Vol-3085/> (Last accessed : 02.12.2022)
268. Huang R., Yang J., Zheng L. The Components and Functions of Smart Learning Environments for Easy, Engaged and Effective Learning. *International Journal for Educational Media and Technology*. 2013. T. 7, № 1. C. 4–15.
269. Hwang D., Pike R., Manson D. The Development of an Educational Cloud for IS Curriculum through a Student-Run Data Center. *Information Systems Education Journal*. 2016. 1(16). p. 62-71.

270. ICT Professional Role Profiles. *IT Professionalism Europe*. URL: <https://itprofessionalism.org/about-it-professionalism/competences/ict-profiles/> (дата звернення: 14.01.2023)
271. Iiyoshi T., Kumar M.S.V. Opening up education: The collective advancement of education through open technology, open content, and open knowledge *MIT Press*. 2008. 500 p.
272. Increasing Adoption of Smart Learning Content for Computer Science Education / P. Brusilovsky та ін. the Working Group Reports of the 2014, м. Uppsala, Sweden, 23–25 черв. 2014 р. New York, New York, USA, 2014. URL: <https://doi.org/10.1145/2713609.2713611> (дата звернення: 25.08.2023).
273. Innovative methodology and implementation of simulation exercises to the Computer networks courses / O. Kainz та ін. *2015 13th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, м. Starý Smokovec, High Tatras, Slovakia, 26–27 листоп. 2015 р. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/iceta.2015.7558481>
274. Instructional-design Theories and Models / ред. С. М. Reigeluth. Routledge, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781410603784> (дата звернення: 14.01.2023).
275. Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework / P. Sengupta та ін. *Education and Information Technologies*. 2013. Т. 18, № 2. С. 351–380. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9240-x>
276. International Standard Classification of Education (ISCED) - Statistics Explained. Language selection | European Commission. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International_Standard_Classification_of_Education_\(ISCED\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International_Standard_Classification_of_Education_(ISCED)) (дата звернення: 25.08.2022).
277. Introduction to Open Source Networking Technologies. *edX*. URL: <https://www.edx.org/course/introduction-to-open-source-networking-technologie> (date of access: 15.01.2023).

278. ISTE standards: educators. *International Society for Technology in Education*. URL: <https://www.iste.org/standards/iste-standards-for-teachers> (дата звернення: 14.01.2023)
279. Johnson D. W., Johnson R. T. Effects of cooperative and individualistic learning experiences on interethnic interaction. *Journal of Educational Psychology*. 1981. Vol. 73, no. 3. P. 444–449. DOI: <https://doi.org/10.1037/0022-0663.73.3.444>
280. Johnson R. B., Onwuegbuzie A. J. Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*. 2004. Т. 33, № 7. С. 14–26. DOI: <https://doi.org/10.3102/0013189x033007014>
281. K–12 Computer Science Framework. URL: <https://k12cs.org/> (дата звернення: 14.01.2023)
282. Kala S., Isaramalai S.-a., Pohthong A. Electronic learning and constructivism: A model for nursing education. *Nurse Education Today*. 2010. Т. 30, № 1. С. 61–66. URL: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2009.06.002> (дата звернення: 16.10.2022).
283. Karim R. A., Hassan H. O. The effect of the fishbowlstrategybyusing the electronicclassroom (Google classroom) on the scientific achievement of fifth-grade students in biology. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*. 2021. Vol. 12, no. 13. P. 2610–2621.
284. Khan B. H. Web-Based Training. *Human resources and their development*. 2001. Vol. II.p. 1-7 URL: <http://www.eolss.net/sample-chapters/c11/e1-10-04-03.pdf> (дата звернення: 02.11.2022).
285. Khantimirov R. I., Mikrukov A. A. Resource distribution model in cloud environments. *Open Education*. 2015. No. 5(112). P. 44–47. DOI: [https://doi.org/10.21686/1818-4243-2015-5\(112-44-47](https://doi.org/10.21686/1818-4243-2015-5(112-44-47)
286. Khmelevsky Y., Voytenko V. Hybrid Cloud Computing Infrastructure in Academia. *the 20th Western Canadian Conference on Computing Education*, Nanaimo, 8 May 2015.
287. Kim P., Ng C. K., Lim G. When cloud computing meets with Semantic Web: A new design for e-portfolio systems in the social media era. *British Journal of Educational Technology*. 2010. Т. 41, № 6. С. 1018–1028.

- URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01055.x> (дата звернення: 16.09.2022).
288. Knorr Cetina K., Bruegger U. Global Microstructures: The Virtual Societies of Financial Markets. *American Journal of Sociology*. 2002. Vol. 107, no. 4. P. 905–950. DOI: <https://doi.org/10.1086/341045>.
289. Knowledge management in the classroom using Mendeley technology / M. A. F. Reis et al. *The Journal of Academic Librarianship*. 2022. P. 102486. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2021.102486>
290. Kolgatin O., Holubnychyi D., Kolgatina L. Systematicity of students' independent work in the course of operating systems. *SHS Web of Conferences*. 2020. Vol. 75. P. 03009. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20207503009>
291. Kratzke N. A Brief History of Cloud Application Architectures. *Applied Sciences*. 2018. T. 8, № 8. C. 1368. DOI: <https://doi.org/10.3390/app8081368>
292. Kumar V., Sharma D. Cloud Computing as a Catalyst in STEM Education. *International Journal of Information and Communication Technology Education*. 2017. T. 13, № 2. C. 38–51. DOI: <https://doi.org/10.4018/ijicte.2017040104>
293. Kuzminska O. et al. Digital Competency of the Students and Teachers in Ukraine: Measurement, Analysis, Development Prospects. *Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications*. (ICTERI, 2018). CEUR Workshop Proceedings. 2018. P. 336-379. URL: https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_169.pdf (дата звернення: 02.12.2022)
294. Lang M., Wiesche M., Krcmar H. Criteria for Selecting Cloud Service Providers: A Delphi Study of Quality-of-Service Attributes. *Information & Management*. 2018. Vol. 55, no. 6. P. 746–758. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.im.2018.03.004>
295. Langseth I., Haugsbakken H. Introducing Blended Learning MOOC – A Study of One bMOOC in Norwegian Teacher Education. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Cham, 2016. P. 59–71. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54687-2_6

296. Large scale analytics of global and regional MOOC providers: Differences in learners' demographics, preferences, and perceptions / J. A. Ruipérez-Valiente та ін. *Computers & Education*. 2022. Т. 180. С. 104426. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104426>
297. Learning Environment Definition. *The Glossary of Education Reform*. URL: <https://www.edglossary.org/learning-environment/> (дата звернення: 16.03.2023).
298. Learning in a small, task-oriented, connectivist MOOC: Pedagogical issues and implications for higher education / J. Mackness et al. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2013. Vol. 14, no. 4. URL: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v14i4.1548> (date of access: 18.03.2023).
299. Lessig L. Making Art and Commerce Thrive in the Hybrid Economy. Bloomsbury Academic, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5040/9781849662505>.
300. Levy D. Two Types of MOOCs: An Overview. *Adult Education in Israel*. 2014. Vol. 13 (107).
301. Licite L., Janmere L. Student expectations towards physical environment in higher education. 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. 2018. DOI: <https://doi.org/10.22616/erdev2018.17.n361>.
302. Lundgren B., Möller N. Defining Information Security. *Science and Engineering Ethics*. 2017. Vol. 25, no. 2. P. 419–441. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9992-1>
303. Maier-Rabler U. Diversity of European Information Cultures. 2014. URL: https://www.researchgate.net/publication/302411632_Diversity_of_European_Information_Cultures (date of access: 14.01.2023)
304. Manage your Academic Grant in the Azure Education Hub. *Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career*. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/education-hub/hub-overview-page> (date of access: 15.01.2023).
305. Markova O. et al. Implementation of cloud service models in training of future information technology specialists. *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018)*. Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018.

- P: 499-515. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2433/paper34.pdf> (дата звернення: 02.12.2022)
306. Martín-Herrera I., Micaletto-Belda J. P., Polo Serrano D. Google Workspace as a b-learning platform. Analysis of the perceptions of the Degrees in Communication. *Apertura*. 2021. Vol. 13, no. 2. P. 106–123. DOI: <https://doi.org/10.32870/ap.v13n2.2029>
307. Masson T., Barth M. Solving the paradox – (further) evidence for a quadratic relationship between in-group centrality and group-based guilt. *British Journal of Social Psychology*. 2019. Vol. 58, no. 4. P. 917–937. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjso.12310>
308. Mathematics Standards. *National Board Certification*. URL: <https://www.nbpts.org/wp-content/uploads/2021/09/EAYA-MATH.pdf> (дата звернення: 14.01.2023).
309. Mathes A. Folksonomies – Cooperative Classification and Communication Through Shared Metadata [Online Report]. *Journal of Computer-mediated Communication*. 2004. 47.
310. Mazorchuk M. et al. Ukrainian Students' Digital Competencies: Various Aspects of Formation and Impact on Students' Learning Achievements. *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications*. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI, 2020). CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2740. P. 292-306. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2740/20200292.pdf> (date of access: 02.12.2022).
311. Mell P. M., Grance T. The NIST definition of cloud computing. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2011. DOI: <https://doi.org/10.6028/nist.sp.800-145>
312. Method of data dedublication and distribution in cloud warehouses during data backup / B. Rusyn et al. *Visnik Nacional'nogo univèrsitetu "L'vivs'ka polìtehnika". Seriâ Ìnformacijni sistemi ta mereži*. 2019. Vol. 6. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.23939/sisn2019.02.001>

313. MIT CSAIL Parallel and Distributed Operating Systems Group. URL: <https://pdos.csail.mit.edu/> (дата звернення: 17.10.2019)
314. Model-based Evaluation of Scalability and Security Tradeoffs: a Case Study on a Multi-Service Platform / L. Montecchi et al. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*. 2015. Vol. 310. P. 113–133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2014.12.015>
315. Moore J. L., Dickson-Deane C., Galyen K. e-Learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same?. *The Internet and Higher Education*. 2011. Т. 14, № 2. С. 129–135. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2010.10.001> (дата звернення: 16.02.2022).
316. Morze N., Glazunova O. Development of Professional Competencies of Information Technology University Teachers: Motivation and Content. *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. CEUR Workshop Proceedings. Vol. 2387. P. 334-347. <https://ceur-ws.org/Vol-2387/20190334.pdf> (date of access: 02.12.2022)
317. Morze N., Varchenko-Trotsenko L. Educator's e-Portfolio in the Modern University. *Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Kyiv, Ukraine, June 21-24, 2016. CEUR Workshop Proceedings. Volume 1614. P. 231-240. https://ceur-ws.org/Vol-1614/paper_68.pdf (Last accessed: 02.12.2022)
318. Moss N., Smith A. Large Scale Delivery of Cisco Networking Academy Program by Blended Distance Learning. *2010 Sixth International Conference on Networking and Services (ICNS)*, м. Cancun, Mexico, 7–13 берез. 2010 р. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1109/icns.2010.52>
319. Mount Your Google Drive on Linux with google-drive-ocamlfuse - OMG! Ubuntu!. URL: <https://www.omgubuntu.co.uk/2017/04/mount-google-drive-ocamlfuse-linux>

320. Msimanga M. R. Teaching and Learning in Multi-Grade Classrooms: The LEPO Framework. *Africa Education Review*. 2020. Vol. 17, no. 3. P. 123–141. DOI: <https://doi.org/10.1080/18146627.2019.1671877>
321. Munteanu V.I., Şandru C., Petcu D. Multi-cloud resource management: cloud service interfacing. *J Cloud Comp*. 2014. 3. DOI:<https://doi.org/10.1186/2192-113X-3-3>
322. Nadeem F., Qaiser R. An Early Evaluation and Comparison of Three Private Cloud Computing Software Platforms. *Journal of Computer Science and Technology*. 2015. Vol. 30, no. 3. P. 639–654. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11390-015-1550-1>
323. Nair S., Kaushik A., Dhoot H. Conceptual framework of a skill-based interactive employee engaging system: In the Context of Upskilling the present IT organization. *Applied Computing and Informatics*. 2020. Ahead-of-print. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aci.2019.05.001>
324. NDG Linux Essentials. *Networking Academy*. URL: <https://www.netacad.com/courses/os-it/ndg-linux-essentials> (date of access: 15.01.2023).
325. Nichols M. A. A theory for eLearning. *J. Educ. Technol. Soc*. 2003. Vol. 6. P. 1–10.
326. Node.js для початківців: опис, керівництво, особливості. *Новини високих технологій*. URL: <http://hi-news.pp.ua/kompyuteri/10124-nodejs-dlya-pochatkvcv-opis-kervnictvo-osoblivost.html> (дата звернення: 15.01.2023).
327. Nosenko Yu., Shyshkina M., Oleksiuk V. Collaboration between Research Institutions and University Sector Using Cloud-based Environment. *Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Kyiv, Ukraine, June 21-24, 2016. CEUR Workshop Proceedings. Volume 1614. P. 656-671. https://ceur-ws.org/Vol-1614/paper_84.pdf

328. Nosenko Y. Evolution of open science tools and technologies. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: «Pedagogy. Social Work»*. 2021. No. 1(48). P. 293–298. DOI: <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2021.48.293-298>
329. OAuth 2 Google service - MoodleDocs. *MoodleDocs*. URL: https://docs.moodle.org/400/en/OAuth_2_Google_service (date of access: 15.01.2023).
330. OAuth 2.0. *OAuth Community Site*. URL: <https://oauth.net/2/> (date of access: 15.01.2023).
331. Okai S., Uddin M., Shah A. Cloud Computing Adoption Model for Universities to Increase ICT Proficiency. *The Indian Economic & Social History Review*. 2013. Vol. 50, no. 4. P. 535–537.
332. Oleksiienko I., Franchuk V. Web-oriented electronic schedule. Proceedings of the 1st Student Workshop on Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2018). Kryvyi Rih, Ukraine, November 30, 2018. CEUR Workshop Proceedings. 2018. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2292/paper14.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
333. Oleksiuk V., Oleksiuk O. Assessing Augmented Reality Possibilities in the Study of School Computer Science. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology – Volume 2: AET*. P. 5-19. 2022. DOI : 10.5220/0010927900003364
334. Oleksiuk V., Oleksiuk O. Exploring the potential of augmented reality for teaching school computer science. *AREdu 2020 Augmented Reality in Education. Proceedings of the 3rd International Workshop on Augmented Reality in Education*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 13, 2020. Edited by Oleksandr Yu. Burov. CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2731. P. 107-116. <https://ceur-ws.org/Vol-2731/paper04.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
335. Oleksiuk V., Oleksiuk O. Methodology of teaching cloud technologies to future computer science teachers. Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019). Kryvyi Rih, Ukraine, December 20, 2019.

- CEUR Workshop Proceedings. 2019. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2643/paper35.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
336. Oleksiuk V., Oleksiuk O. The practice of developing the academic cloud using the Proxmox VE platform. *Educational Technology Quarterly*. 2021(4), pp.605–616. DOI: <https://doi.org/10.55056/etq.36>.
337. Oleksiuk V., Oleksiuk O., Berezitskyi M. Planning and Implementation of the Project "Cloud Services to Each School". Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kyiv, Ukraine, May 15-18, 2017. CEUR Workshop Proceedings. Volume 1844. P.372-379. <https://ceur-ws.org/Vol-1844/10000372.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
338. Oleksiuk V., Oleksiuk O., Berezitskyi M. Planning and Implementation of the Project "Cloud Services to Each School". Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kyiv, Ukraine, May 15-18, 2017. CEUR Workshop Proceedings. Volume 1844. P.372-379. <https://ceur-ws.org/Vol-1844/10000372.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
339. Oleksiuk V., Oleksiuk O., Spirin O., Balyk N., Vasylenko Ya. Some experience in maintenance of an academic cloud. Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020). Kryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2020. CEUR Workshop Proceedings. 2019. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2879/paper06.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
340. Oleksiuk V., Oleksiuk O., Vakaliuk T. An Experiment on the Implementation the Methodology of Teaching Cloud Technologies to Future Computer Science Teachers. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology – Volume 1 : AET*. P. 590-604. 2022. DOI : 10.5220/0010926400003364.
341. Oleksiuk, V., Spirin, O. The Experience of Using Cloud Labs in Teaching Linux Operating System. In ICTERI 2021 Workshops. ICTERI 2021. *Communications in*

- Computer and Information Science*, vol 1635. Springer, Cham.
DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-031-14841-5_18
342. Online Courses & Programs | Udacity. *Learn the Latest Tech Skills; Advance Your Career | Udacity*. URL: <https://www.udacity.com/courses/school-of-cloud-computing> (дата звернення: 14.01.2023).
343. OpenID Connect. *OpenID The Internet Identity Layer*. URL: <https://openid.net/connect/> (date of access: 15.01.2023).
344. Osadcha K., Osadchyi V., Kruglyk V., Spirin O. Digital drawing and painting in the training of bachelors of professional education: Experience of blended learning. *ACM International Conference Proceeding Series*. 2021. DOI : <https://doi.org/10.1145/3526242.3526245> (Last accessed 10.09.2022).
345. Osadcha K.P., Osadchyi V. V. The use of cloud computing technology in professional training of future programmers. *Proceedings of the 9th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020) Kryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2021*. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. No 2879. Pp. 155-164. URL : <https://ceur-ws.org/Vol-2879/paper05.pdf> (дата звернення 10.01.2023).
346. Osadchyi V., Varina, H., Falko, N., Osadcha, K., Katkova, T. The peculiarities of the usage of AR technologies in the process of hardiness of future professionals. *Journal of Physics: Conference Series*, 2022. Vol. 1840. DOI : 10.1088/1742-6596/1840/1/012059
347. Ovcharuk O. V. Informatization of education and ict application for improving the quality of education abroad. *Information Technologies and Learning Tools*. 1970. T. 2, № 1. URL: <https://doi.org/10.33407/itlt.v2i1.274> (дата звернення: 18.09.2022).
348. Packet Switching Networks and Algorithms. *Coursera*. URL: <https://www.coursera.org/learn/packet-switching-networks-algorithms#syllabus> (date of access: 15.01.2023).
349. Panchenko L Augmented Reality in Education. *AREdu 2019 Augmented Reality in Education. Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 13, 2020. Edited by Oleksandr Yu.

- Burov. CEUR Workshop Proceedings. 2019. Vol. 2547. P. 168-180. <https://ceur-ws.org/Vol-2547/paper13.pdf> (Last accessed: 02.12.2022)
350. Paul Angus - Cloudstack Backup and Recovery Framework. *Share and Discover Knowledge on SlideShare*. URL: <https://www.slideshare.net/ShapeBlue/cloudstack-backup-and-recovery-framework> (date of access: 15.01.2023).
351. Pepple K. Deploying OpenStack. O'Reilly Media, Incorporated, 2011. 88 p.
352. Performance Evaluation of Xen, KVM, and Proxmox Hypervisors / S. A. Algarni et al. *International Journal of Open Source Software and Processes*. 2018. Vol. 9, no. 2. P. 39–54. DOI: <https://doi.org/10.4018/ijossp.2018040103>
353. Petko D. Teachers' pedagogical beliefs and their use of digital media in classrooms: Sharpening the focus of the 'will, skill, tool' model and integrating teachers' constructivist orientations. *Computers & Education*. 2012. T. 58, № 4. C. 1351–1359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.013>
354. Pinchuk, O. P. et al. Digital transformation of learning environment: aspect of cognitive activity of students. *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018)*. Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018. P: 90-101. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2433/paper05.pdf> (дата звернення: 02.12.2022)
355. Pool de S. Technologies of Freedom. *Media, culture & society*. 1985. Vol. 7. 263 p.
356. Practical Statistics in R II - Comparing Groups: Numerical Variables. *Datanovia*. URL: https://www.datanovia.com/en/wp-content/uploads/dn-tutorials/book-preview/r-statistics-for-comparing-means_preview.pdf (date of access: 15.01.2023).
357. Praxix test. URL: <https://www.ets.org/s/praxis/pdf/5712.pdf> (дата звернення: 10.10.2022)
358. Proxmox VE Administration Guide. *Proxmox VE*. URL: <https://pve.proxmox.com/pve-docs/pve-admin-guide.html> (date of access: 15.01.2023).

359. Radkowsch A., Vogel F., Fischer F. Good for learning, bad for motivation? A meta-analysis on the effects of computer-supported collaboration scripts. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. 2020. T. 15, № 1. C. 5–47. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11412-020-09316-4>
360. Rao R. V., Selvamani K. Data Security Challenges and Its Solutions in Cloud Computing. *Procedia Computer Science*. 2015. Vol. 48. P. 204–209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.171>
361. Rao U. H., Nayak U. Data Backups and Cloud Computing. *The InfoSec Handbook*. Berkeley, CA, 2014. P. 263–288. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6383-8_13
362. Real Experiments in a MOOC Through Remote Lab VISIR: Challenges, Successes and Limits / F. G. Loro et al. *2018 Learning With MOOCS (LWMOOCS)*, Madrid, 26–28 September 2018. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/lwmoocs.2018.8534695>
363. Reddy P. V. V., Shyamala K. New scoring formula to rank hypervisors' performance complementing with statistical analysis using DOE. *Future Generation Computer Systems*. 2016. Vol. 61. P. 54–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.02.012>
364. Redundancy-Guaranteed and Receiving-Constrained Disaster Backup in Cloud Data Center Network / X. Li et al. *IEEE Access*. 2018. Vol. 6. P. 47666–47681. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2859427>
365. Reproducibility of scientific results in the EU : scoping report. *The official portal for European data | data.europa.eu*. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/341654> (date of access: 15.01.2023).
366. Research and Progress on Virtual Cloud Laboratory / J. W. Zhang et al. *MATEC Web of Conferences*. 2016. Vol. 44. P. 01041. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164401041>
367. Rhode J. F. Interaction Equivalency in Self-Paced Online Learning Environments: An Exploration of Learner Preferences. *International Review of Research in Open and Distance Learning*. 2009. Vol. 10, no. 1. P. 1–23.

368. Role of cloud computing in management and education / A. Gupta et al. *Materials Today: Proceedings*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.370>
369. Ruan Y., Durreesi A. A trust management framework for clouds. *Computer Communications*. 2019. Vol. 144. P. 124–131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.05.018>
370. Rusticus S. A., Pashootan T., Mah A. What are the key elements of a positive learning environment? Perspectives from students and faculty. *Learning Environments Research*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s10984-022-09410-4> (дата звернення: 16.09.2022).
371. Ruth S. The Import-Export Paradigm for High-Quality College Courses: An Answer to Tuition's Through-the-Roof Cost Spiral?. *IEEE Internet Computing*. 2012. Vol. 16, no. 2. P. 82–86. DOI: <https://doi.org/10.1109/mic.2012.38>
372. Rycaj G. Comparison of virtualization performance of Proxmox, OpenVZ, OpenNebula, Vmware ESX and Xen Server. *Journal of Computer Sciences Institute*. 2019. Vol. 12. P. 214–219. DOI: <https://doi.org/10.35784/jcsi.490> (date of access: 15.01.2023).
373. Santana-Perez et al. A Semantic-Based Approach to Attain Reproducibility of Computational Environments in Scientific Workflows: A Case Study. *Parallel Processing Workshops. Euro-Par. Lecture Notes in Computer Science*, 2014. vol 8805. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-14325-5_39
374. Saranya K., English I. M. Promoting Self-Directed Learning through G-Suite or Google Classroom at Undergraduate Level - A Study. *Language in India*. 2019. Vol. 19, no. 4. P. 369–382.
375. Science Standards. *National Board Certification*. URL: <https://www.nbpts.org/wp-content/uploads/2021/09/EAYA-SCIENCE.pdf> (дата звернення: 14.01.2023).
376. Seattle: a platform for educational cloud computing / J. Cappos et al. *ACM SIGCSE Bulletin*. 2009. Vol. 41, no. 1. P. 111–115. DOI: <https://doi.org/10.1145/1539024.1508905>

377. Secure Cloud Infrastructure: A Survey on Issues, Current Solutions, and Open Challenges / Y. Alghofaili et al. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, no. 19. P. 9005. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11199005>
378. Secure Cloud Infrastructure: A Survey on Issues, Current Solutions, and Open Challenges / Y. Alghofaili et al. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, no. 19. P. 9005. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11199005>
379. Selviandro N., Hasibuan Z.A. Cloud-Based E-Learning: A Proposed Model and Benefits by Using E-Learning Based on Cloud Computing for Educational Institution. In: *Mustofa, K., Neuhold, E.J., Tjoa, A.M., Weippl, E., You, I. (eds) Information and Communication Technology. ICT-EurAsia 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 7804. Springer, Berlin, Heidelberg.* DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-642-36818-9_20
380. Selviandro N., Hasibuan Z. A. Cloud-Based E-Learning: A Proposed Model and Benefits by Using E-Learning Based on Cloud Computing for Educational Institution. *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin, Heidelberg, 2013. P. 192–201. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-36818-9_20
381. Semerikov S. at el. Computer Simulation of Neural Networks Using Spreadsheets: Dr. Anderson, Welcome Back. Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. CEUR Workshop Proceedings. Volume 2393. P. 833-848. http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_348.pdf (дата звернення: 14.01.2023).
382. Server placement with shared backups for disaster-resilient clouds / R. S. Couto et al. *Computer Networks*. 2015. Vol. 93. P. 423–434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.09.039>
383. Shyshkina M. The Hybrid Service Model of Electronic Resources Access in the Cloud-Based Learning Environment. *Proceedings of the 11th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. (ICTERI, 2015).* CEUR Workshop Proceedings. 2015. P. 295-310. URL: https://ceur-ws.org/Vol-1356/paper_102.pdf (дата звернення: 02.12.2022)

384. Shyshkina M. The Cloud-Based Learning Component with Maxima System and Its Evaluation. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications*. Cham, 2017. P. 156–168. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-69965-3_9
385. Siegel A. F., Wagner M. R. ANOVA. *Practical Business Statistics*. 2022. P. 485–510. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820025-4.00015-4>
386. Siemens G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*. 2005. Vol. 2, no. 1.
387. Spirin O. M, Oleksiuk V., Balyk N., Lytvynova S., Sydorenko S. The blended methodology of learning computer networks: cloud-based approach. *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. CEUR Workshop Proceedings. Volume 2393. P. 68-80. http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_231.pdf (Last accessed: 02.12.2022)
388. Spirin O. M, Oleksiuk V., Oleksiuk O., Sydorenko S. The Group Methodology of Using Cloud Technologies in the Training of Future Computer Science Teachers. *Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Kyiv, Ukraine, May 14-17, 2018. CEUR Workshop Proceedings. Volume 2104. P.294-304. https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_154.pdf (Last accessed: 02.12.2022)
389. Spivakovsky A. at el. Historical Approach to Modern Learning Environment. *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. CEUR Workshop Proceedings. Volume 2393. P. 1011-1024. http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_420.pdf (Last accessed: 02.12.2022).
390. Stan L. Specialist Training in Pedagogy – A Recurring Challenge for Adult Education. Case Study: “Al. I. Cuza” University of Iași. *Procedia - Social and*

- Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 142. P. 220–226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.691>
391. STEM-Approach to the Transformation of Pedagogical Education. / N. Balyk et al. *E-learning and STEM Education*. 2019. P. 109–123. DOI: <https://doi.org/10.34916/el.2019.11.08>
392. Støckert R., Thorseth T. M., Talmo T. Bringing pre-school playful learning to the university. *International Conference on Education and New Learning Technologies*, Barcelona, Spain, 3–5 July 2017. 2017. DOI: <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.0440>
393. Study of augmented and virtual reality technology in the educational digital environment of the pedagogical university. / N. Balyk et al. *E-learning in the Time of COVID-19*. 2021. P. 11–13. DOI: <https://doi.org/10.34916/el.2021.13>
394. Subramanian N., Jeyaraj A. Recent security challenges in cloud computing. *Computers & Electrical Engineering*. 2018. Vol. 71. P. 28–42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2018.06.006> (date of access: 14.01.2023).
395. Sulewski P. Modified Lilliefors goodness-of-fit test for normality. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*. 2019. P. 1–21. DOI: <https://doi.org/10.1080/03610918.2019.1664580>
396. Sundgren M. Blurring time and place in higher education with bring your own device applications: a literature review. *Education and Information Technologies*. 2017. Vol. 22, no. 6. P. 3081–3119. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9576-3>
397. Tank D., Aggarwal A., Chaubey N. Virtualization vulnerabilities, security issues, and solutions: a critical study and comparison. *International Journal of Information Technology*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41870-019-00294-x>
398. Tauber T. The dirty little secret of online learning: Students are bored and dropping out. *Quartz*. URL: <https://qz.com/65408/the-dirty-little-secret-of-online-learning-students-are-bored-and-dropping-out/> (дата звернення: 14.01.2023).

399. TCP/IP and Advanced Topics. *Coursera*. URL: <https://www.coursera.org/learn/tcp-ip-advanced#syllabus> (date of access: 15.01.2023).
400. The new users' guide: How to raise information security awareness (EN). *ENISA*. URL: https://www.enisa.europa.eu/publications/archive/copy_of_new-users-guide (date of access: 15.01.2023).
401. The use of digital learning tools in the teachers' professional activities to ensure sustainable development and democratization of education in European countries / O. Ovcharuk et al. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 166. P. 10019. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016610019>
402. The Value of Cloud-Based Learning Environments for Digital Education / P. Wolfschwenger та ін. *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, м. Uppsala, 21–24 жовт. 2020 р. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/fie44824.2020.9274223>
403. Theoretical foundations of educational strategies used in e-learning environments for developing clinical reasoning in nursing students: A scoping review / M.-F. Deschênes та ін. *Nurse Education in Practice*. 2019. Т. 41. С. 102632. URL: <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2019.102632> (дата звернення: 16.11.2022).
404. Togawa S., Kanenishi K. Private Cloud Collaboration Framework for e-Learning Environment for Disaster Recovery Using Smartphone Alert Notification. *Lecture Notes in Computer Science*. Cham, 2014. P. 118–126. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-07863-2_13
405. Toward a Cloud Computing Learning Community / D. Foster та ін. *ITiCSE '19: Innovation and Technology in Computer Science Education*, м. Aberdeen Scotland Uk. New York, NY, USA, 2019. URL: <https://doi.org/10.1145/3344429.3372506> (дата звернення: 25.08.2022).
406. Trust as a facilitator in cloud computing: a survey / S. Habib et al. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*. 2012. Vol. 1, no. 1. P. 19. DOI: <https://doi.org/10.1186/2192-113x-1-19>

407. Turan U. A Correlation coefficients analysis on innovative sustainable development groups. *EUREKA: Social and Humanities*. 2020. Vol. 1. P. 46–55. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5571.2020.001130>
408. Types of MOOCs. *Online Learning Tools*. URL: <http://oertools.weebly.com/types-of-moocs.html> (дата звернення: 14.01.2023).
409. Ukrinform. Форум цифрової трансформації 2.0: світові тренди у розвитку технологій. Укрінформ – актуальні новини України та світу. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3335093-forum-cifrovoi-transformacii-20-svitovi-trendi-u-rozvitku-tehnologij.html> (дата звернення: 13.01.2023).
410. Understanding Media and Culture: An Introduction to Mass Communication. URL: <https://www.palomar.edu/users/lpayn/115/GC115-Understanding-Media-and-Culture-An-Introduction-to-Mass-Communication.pdf> (date of access: 14.01.2023).
411. Vakaliuk T., Gavryliuk O., Kontsedailo V., Oleksiuk V., Selection Cloud-oriented Learning Technologies for the Formation of Professional Competencies of Bachelors Majoring in Statistics and General Methodology of Their Use. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology – Volume 1 : AET*. P. 132-141. 2022. DOI: 10.5220/0010921900003364
412. Vallath M. Backup and recovery. *Oracle 10g RAC Grid, Services & Clustering*. 2006. P. 345–380. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-155558321-7/50025-3>
413. VAN DIJK J. A. G. M. Communication Networks and Modernization. *Communication Research*. 1993. Vol. 20, no. 3. P. 384–407. DOI: <https://doi.org/10.1177/009365093020003003>.
414. van Dijk J. A. G. M. Inequalities in the Network Society. *Digital Sociology*. London, 2013. P. 105–124. DOI: https://doi.org/10.1057/9781137297792_8.
415. van Dijk Y. Amateurs online: Creativity in a community. *Poetics*. 2014. Vol. 43. P. 86–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.poetic.2014.02.001>.

416. Veroniki A. A., Thabane L. Strategies for Optimal Time Management in Biostatistical Practice. *Strategies for Optimal Time Management in Biostatistical Practice*. 2019. Vol. 10, no. 05. DOI: <https://doi.org/10.37421/jbmbs.2019.10.432>
417. Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis / R. Heradio et al. *Computers & Education*. 2016. Vol. 98. P. 14–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>
418. VM Snapshots - Apache Cloudstack - Apache Software Foundation. *Dashboard – Apache Software Foundation*. URL: <https://cwiki.apache.org/confluence/display/cloudstack/vm+snapshots> (date of access: 15.01.2023).
419. Wang D. An Efficient Cloud Storage Model for Heterogeneous Cloud Infrastructures. *Procedia Engineering*. 2011. Vol. 23. P. 510–515. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2539>
420. Wang M., Zhu L., Zhang Z. Risk-aware intermediate dataset backup strategy in cloud-based data intensive workflows. *Future Generation Computer Systems*. 2016. Vol. 55. P. 524–533. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2014.08.009>
421. Web Services, Service-Oriented Architectures, and Cloud Computing. Elsevier, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/c2011-0-04637-9>
422. Weissgerber S. C., Brunmair M., Rumber R. Null and Void? Errors in Meta-analysis on Perceptual Disfluency and Recommendations to Improve Meta-analytical Reproducibility. *Educational Psychology Review*. 2021. T. 33, № 3. C. 1221–1247. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09579-1>
423. Welcome to Apache Cloudstack Documentation. *Apache Cloudstack documentation*. URL: <http://docs.cloudstack.apache.org/en/latest/> (date of access: 15.01.2023).
424. Why Train as a Computer Science Teacher? *University of Bolton*. URL: <https://www.bolton.ac.uk/blogs/why-train-as-a-computer-science-teacher/> (дата звернення: 14.01.2023)

425. Wu B. Influence of MOOC learners discussion forum social interactions on online reviews of MOOC. *Education and Information Technologies*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10412-z>
426. Wu X. Performance Appraisal Management System of University Administrators Based on Hybrid Cloud. *Scientific Programming*. 2022. Vol. 2022. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/9326563>
427. Xu L., Huang D., Tsai W.-T., Cloud-Based Virtual Laboratory for Network Security Education. in *IEEE Transactions on Education*, vol. 57, no. 3, pp. 145-150, 2014, DOI: 10.1109/TE.2013.2282285.
428. Yadav A. Computer Science Teacher Professional Development. WiPSCE '17: 12th Workshop in Primary and Secondary Computing Education, м. Nijmegen Netherlands. New York, NY, USA, 2017. URL: <https://doi.org/10.1145/3137065.3137066> (дата звернення: 25.08.2023).
429. Yaremych H. E., Persky S. Tracing physical behavior in virtual reality: A narrative review of applications to social psychology. *Journal of Experimental Social Psychology*. 2019. T. 85. C. 103-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2019.103845>
430. Yatsentiak D. V., Oleksiuk V. P., Balyk N. R. Study of ergonomic criteria for evaluating the software user interface. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2288 (2022) 012035. DOI: 10.1088/1742-6596/2288/1/012005
431. Yatsentiak D. V., Oleksiuk V. P., Balyk N. R. Study of ergonomic criteria for evaluating the software user interface. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2288 (2022) 012035. DOI: 10.1088/1742-6596/2288/1/012005
432. Yew E. H. J., Goh K. Problem-Based Learning: An Overview of its Process and Impact on Learning. *Health Professions Education*. 2016. T. 2, № 2. C. 75–79. URL: <https://doi.org/10.1016/j.hpe.2016.01.004> (дата звернення: 16.03.2023).
433. Zendler A., Hubwieser P. The influence of (research-based) teacher training programs on evaluations of central computer science concepts. *Teaching and Teacher Education*. 2013. T. 34. C. 130–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.005>