ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Віртуалізовані середовища для освітніх технологій»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 123 Комп'ютерної інженерії
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Комп'ютерна інженерія
(назва)

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

_____ *Артем САЛІЄНКО*
(підпис) *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача*

Виконав: здобувач вищої освіти гр. КІД-41
Артем САЛІЄНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: Ігор БУЧЕНКО
науковий ступінь, вчене звання Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент: _____
науковий ступінь, вчене звання Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра 123 Комп'ютерної інженерії

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 123 Комп'ютерної інженерії

Освітньо-професійна програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Комп'ютерної інженерії
_____ Наталія ЛАЩЕВСЬКА
_____
«_____» _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Салієнко Артем Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Віртуалізовані середовища для освітніх технологій керівник кваліфікаційної роботи Ігор БУЧЕНКО,
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «24» лютого 2025р. № 56
2. Строк подання кваліфікаційної роботи «5» червня 2025р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література; технології віртуалізації: VMware, VirtualBox, Hyper-V, KVM; хмарні платформи для освіти: Google Classroom, Moodle; типи віртуалізованих середовищ: контейнеризація (Docker, Kubernetes), повна та паравіртуалізація ; архітектура навчальних платформ: модель LMS (Learning Management System), адаптивні навчальні системи; методи інтерактивного навчання: гейміфікація, віртуальна та доповнена реальність (VR/AR), інтерактивні симуляції; мережева архітектура освітніх платформ: рівні доступу, VPN, хмарні обчислення;
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Поняття віртуалізованих середовищ у освітніх технологіях
2. Інфраструктура віртуалізованих освітніх середовищ
3. Розгортання та управління віртуалізованими освітніми платформами
5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*
6. Дата видачі завдання «24» лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір даних	25.02-24.03.2025	Виконано
2	Обробка матеріалу	23.03-05.04.2025	Виконано
3	Розробка теоретичної частини	06.04-10.04.2025	Виконано
4	Дослідження та аналіз	11.04-14.04.2025	Виконано
5	Висновки за результатами аналізу	15.04-17.05.2025	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	17.05-20.05.2025	Виконано
7	Розробка презентації	20.05-25.05.2025	Виконано
8	Передзахист	27.05-29.05.2025	Виконано
9	Здача в деканат	02.06.05-05.06.2025	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ Артем САЛІЄНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Ігор БУЧЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 69 стор., 20 рис., 1 табл., 35 джерел.

Мета роботи – Дослідження віртуалізованих систем для освітніх технологій.

Об'єкт дослідження – Віртуалізовані середовища.

Предмет дослідження – Віртуалізовані середовища для освітнії технологій.

Короткий зміст роботи: Віртуалізовані освітні платформи забезпечують гнучке, доступне навчальне середовище та працювати незалежно від фізичного розташування. Використання технологій віртуалізації (VMware, VirtualBox, Hyper-V, KVM) дає змогу створювати цифрові лабораторії, моделювати навчальні процеси та проводити тестування програмного забезпечення без прив'язки до локального обладнання. Контейнеризація на основі Docker та Kubernetes спрощує розгортання освітніх курсів, забезпечуючи автоматичне масштабування ресурсів та стабільну роботу платформи. Інтеграція з LMS-системами та навчальними сервісами покращує управління контентом, надає персоналізований доступ до матеріалів та спрощує адміністрування навчального процесу.

Централізоване управління, моніторинг продуктивності та резервне копіювання є ключовими елементами підтримки цифрових навчальних платформ, дозволяючи забезпечити безперебійний доступ до курсів та лабораторних занять.

Впровадження сучасних технологій віртуалізації сприяє створенню стабільних та високопродуктивних освітніх систем, що відповідають вимогам цифрової епохи та забезпечують якісний навчальний досвід для здобувачів освіти та викладачів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІРТУАЛЬНІ НАВЧАЛЬНІ СЕРЕДОВИЩА, CONTAINERIZATION, VMWARE, VIRTUALBOX, HYPER-V, KVM, DOCKER, KUBERNETES, LMS, ІНТЕРАКТИВНІ ОСВІТНІ ПЛАТФОРМИ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У НАВЧАННІ, CLOUD EDUCATION SERVICES.

ЗМІСТ

ВСТУП…… 8
1. ПОНЯТТЯ ВІРТУАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ…… 9
1.1 Визначення та загальні принципи віртуалізації…… 9
1.2 Архітектура та принципи роботи віртуалізованих середовищ …… 20
1.3 Використання віртуалізації в різних галузях ……..…… 32
2 ІНФРАСТРУКТУРА ВІРТУАЛІЗОВАНИХ ОСВІТНІХ СЕРЕДОВИЩ.. 41
2.1 Хмарні платформи для освіти…… 41
2.2 Модель LMS, адаптивні навчальні системи …… 51
2.3 Мережева архітектура…… 56
3 РОЗГОРТАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ВІРТУАЛІЗОВАНИМИ ОСВІТНІМИ ПЛАТФОРМАМИ…… 67
3.1 Використання технологій віртуалізації …… 67
3.2 Контейнеризація в освітніх платформах…… 69
3.3 Практичні аспекти розгортання та підтримки навчальних платформ… 71
ВИСНОВКИ…… 75
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….. 77
Додаток А. Приклад моделі LMS……...…… 81
Додаток Б. Приклад архітектури LMS……...…… 82
Додаток В ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)…… 83

ВСТУП

Сучасна освіта переживає значні трансформації під впливом технологічного прогресу та соціальних факторів. Особливо відчутні зміни стали помітними у зв'язку з глобальними подіями останніх років, такими як пандемія COVID-19, яка прискорила популяризацію дистанційного навчання. Додатковим фактором впливу стала війна, що зробила необхідність використання цифрових освітніх рішень ще більш актуальною.

Одним із ключових аспектів цієї трансформації стало впровадження віртуалізованих середовищ у навчальний процес. Такі середовища забезпечують новий рівень гнучкості освіти, дозволяючи здобувачам освіти отримувати знання без прив’язки до фізичного місця проведення занять. Віртуалізовані освітні системи дозволяють пристосувати навчальний процес до індивідуальних потреб людей, що навчаються, пропонуючи адаптивне навчання та доступ до матеріалів у будь-який зручний час.

Окрім цього, віртуалізація навчальних платформ має важливе економічне значення, оскільки зменшує витрати на фізичну інфраструктуру, організацію очного навчання та логістику. Відсутність потреби в постійній фізичній присутності викладача та можливість автоматизації частини навчальних процесів сприяють більш ефективному використанню ресурсів.

Водночас розвиток технологій віртуалізації дозволяє оптимізувати та вдосконалювати освітні платформи. Віртуалізовані середовища, такі як LMS, забезпечують не лише організацію навчального процесу, а й інтеграцію передових інструментів: хмарних технологій, рівнів доступу, контейнеризації, що робить освітні системи більш масштабованими, гнучкими та стійкими до змін.

Таким чином, дослідження віртуалізованих середовищ у освітніх технологіях є важливим етапом у розумінні їхньої ролі та перспектив розвитку в майбутньому освітньому просторі.

1 ПОНЯТТЯ ВІРТУАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ

1.1 Визначення та загальні принципи віртуалізації

Розвиток інформаційних технологій завжди був пов’язаний із необхідністю оптимізації апаратних ресурсів, підвищення ефективності використання серверного обладнання та поліпшення управління IT-інфраструктурою. Віртуалізація як технологія виникла у відповідь на ці потреби та пройшла тривалий шлях еволюції – від перших концепцій розподілу ресурсів у мейнфреймах IBM до сучасних хмарних обчислень та контейнеризації.

Перші згадки про ідею віртуалізації з’явилися ще у 1960-х роках, коли компанія IBM розробила концепцію часового розподілу (time-sharing) для своїх мейнфреймів [1]. Це дозволяло кільком користувачам працювати на одному фізичному сервері, створюючи ілюзію власного виділеного середовища. У 1968 році IBM представила CP/CMS, операційну систему, що підтримувала віртуальні машини. Вона стала основою для подальшого розвитку віртуалізації у корпоративному сегменті.

Наступним важливим етапом стала поява системи IBM System/370 (1970) (рис. 1.1), яка вже на апаратному рівні реалізувала механізм віртуальної пам’яті [2]. Це дозволило більш ефективно розподіляти обчислювальні ресурси між користувачами. У 1980-х роках технологія віртуалізації почала широко застосовуватися у великих обчислювальних центрах, хоча на той момент її використання було обмежене високою вартістю обладнання.



Рисунок 1.1 – IBM System/370

Протягом 1990-х років відбулася значна зміна парадигми – з’явилися гіпервізори, які дозволили запускати кілька незалежних операційних систем на одному фізичному сервері. Одним із перших таких рішень став VMware (1998) (рис. 1.2), яке забезпечило програмну віртуалізацію для архітектури x86 [3]. Це стало початком масового переходу від традиційної серверної моделі до моделі віртуалізованих середовищ.

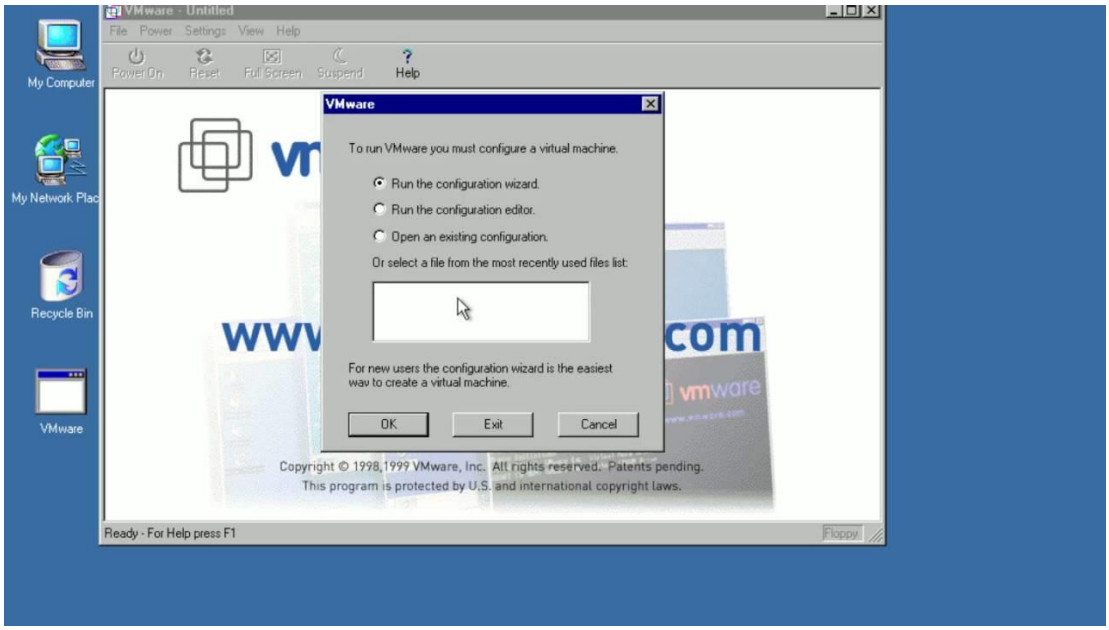


Рисунок 1.2 – Перша версія VMware

На початку 2000-х років віртуалізація стала основою для впровадження концепції хмарних обчислень (cloud computing). У 2006 році компанія Amazon Web Services (AWS) (рис. 1.3) представила перші масштабовані хмарні платформи, що використовували віртуалізовані сервери для управління обчислювальними ресурсами [4]. Це дозволило оптимізувати витрати на фізичне обладнання та зробило IT-інфраструктуру більш гнучкою.

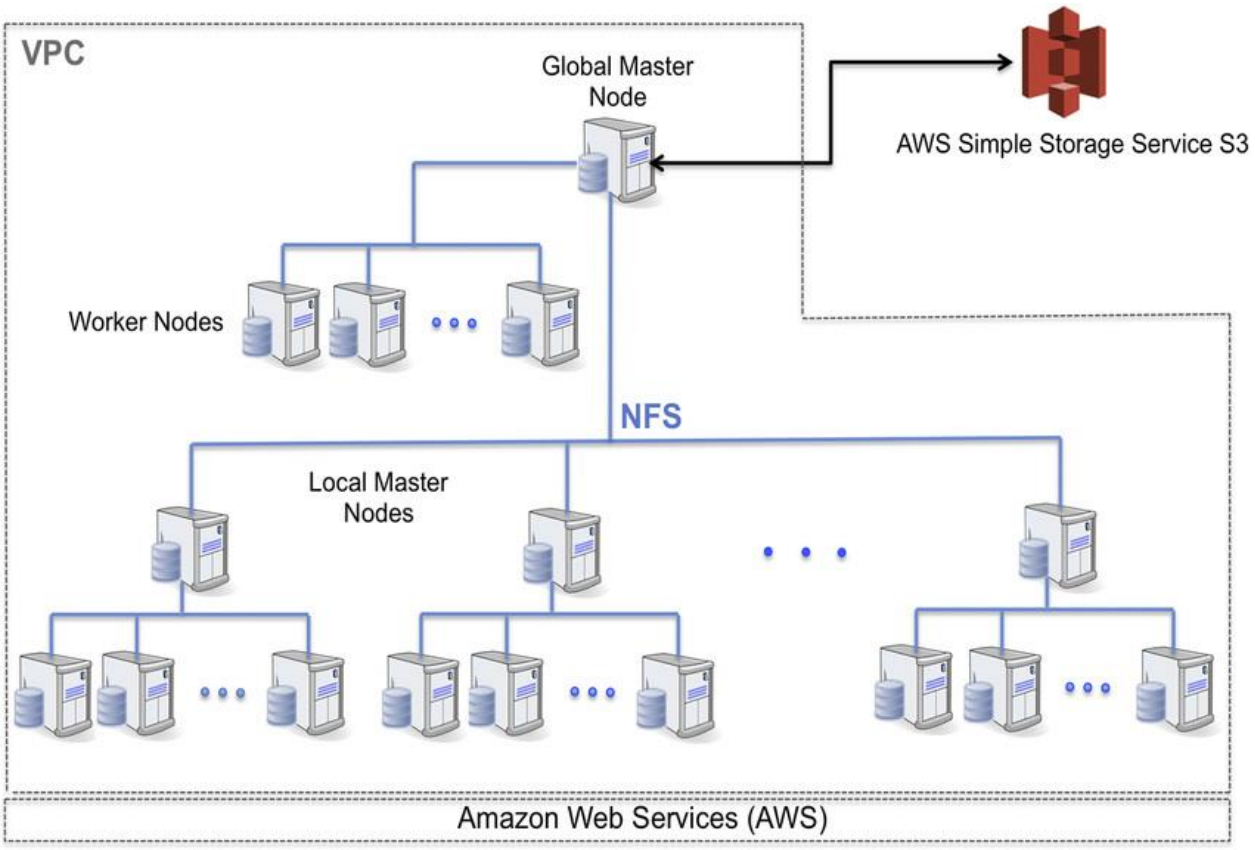


Рисунок 1.3 – Обчислювальна архітектура застосована в AWS

Ще одним важливим етапом розвитку віртуалізації стало впровадження контейнеризації, яка значно скоротила вимоги до апаратних ресурсів і підвищила ефективність роботи серверів. У 2013 році компанія Docker розробила систему контейнерів, що дозволяє запускати ізольовані середовища без необхідності використання повноцінних віртуальних машин [5]. Це стало основою для розвитку оркестраційних платформ, таких як Kubernetes (2015) (рис. 1.4), які сьогодні є стандартом для управління хмарними середовищами [6].

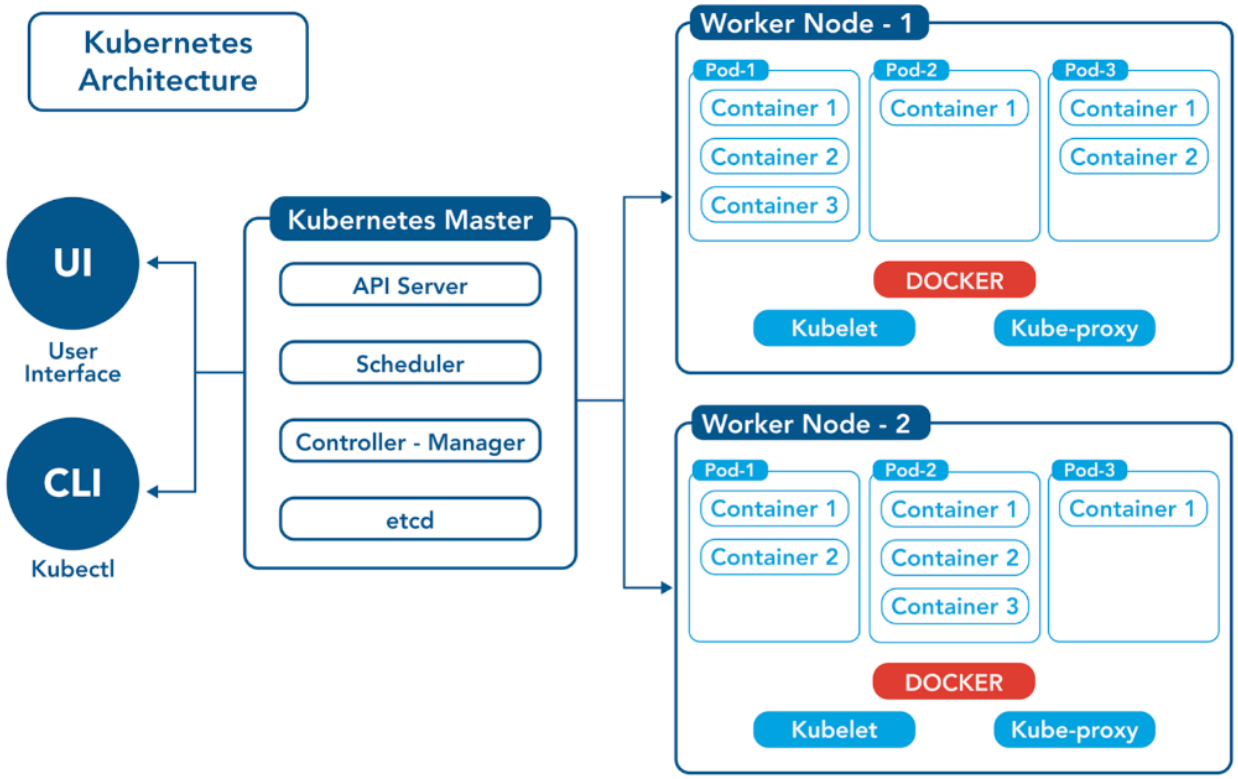


Рисунок 1.4 – Архітектура Kubernetes

Сучасні тенденції розвитку віртуалізації включають інтеграцію технологій штучного інтелекту, автоматизацію управління ресурсами та впровадження безсерверних (serverless) обчислень, що дозволяють розподіляти навантаження в реальному часі без необхідності адміністрування серверів.

Таким чином, еволюція віртуалізації демонструє поступовий перехід від централізованого управління фізичними серверами до динамічних, хмарних та адаптивних середовищ, що забезпечують високу продуктивність, масштабованість та гнучкість сучасних IT-систем.

Основні концепції віртуалізованих середовищ: віртуальні машини, гіпервізори, ізоляція процесів

Сучасні інформаційні системи активно використовують віртуалізацію для оптимізації ресурсів, покращення продуктивності та забезпечення безпеки даних. Віртуалізоване середовище базується на кількох ключових концепціях, що визначають його архітектуру та принципи функціонування. До них належать віртуальні машини (VMs), гіпервізори та механізми ізоляції процесів [7].

Віртуальні машини (VMs) є програмними емуляціями фізичних серверів, що дозволяють запускати незалежні операційні системи в межах одного фізичного середовища. Основна їхня мета – забезпечення гнучкості та економії ресурсів шляхом розподілу доступних апаратних потужностей між кількома ізольованими середовищами. Кожна VM працює автономно, має власну віртуалізовану пам'ять, процесор та файлову систему, що робить її ідеальним рішенням для тестування програмного забезпечення, захисту даних та розгортання серверних інфраструктур.

Функціонування віртуальних машин забезпечується за допомогою гіпервізора, який є програмним або апаратним компонентом, що виконує роль посередника між фізичним апаратним забезпеченням та віртуальними машинами.

Гіпервізори поділяються на дві основні категорії (рис. 1.5):

– *гіпервізор типу 1 (bare-metal)* – працює безпосередньо на апаратному рівні, без операційної системи. Використовується у корпоративних центрах обробки даних та хмарних платформах. Прикладами є VMware ESXi, Microsoft Hyper-V, Xen;

– *гіпервізор типу 2 (hosted)* – встановлюється на операційну систему й дозволяє запускати віртуальні машини всередині неї. Використовується для десктопної та локальної віртуалізації. Прикладами є VirtualBox, VMware Workstation [7].

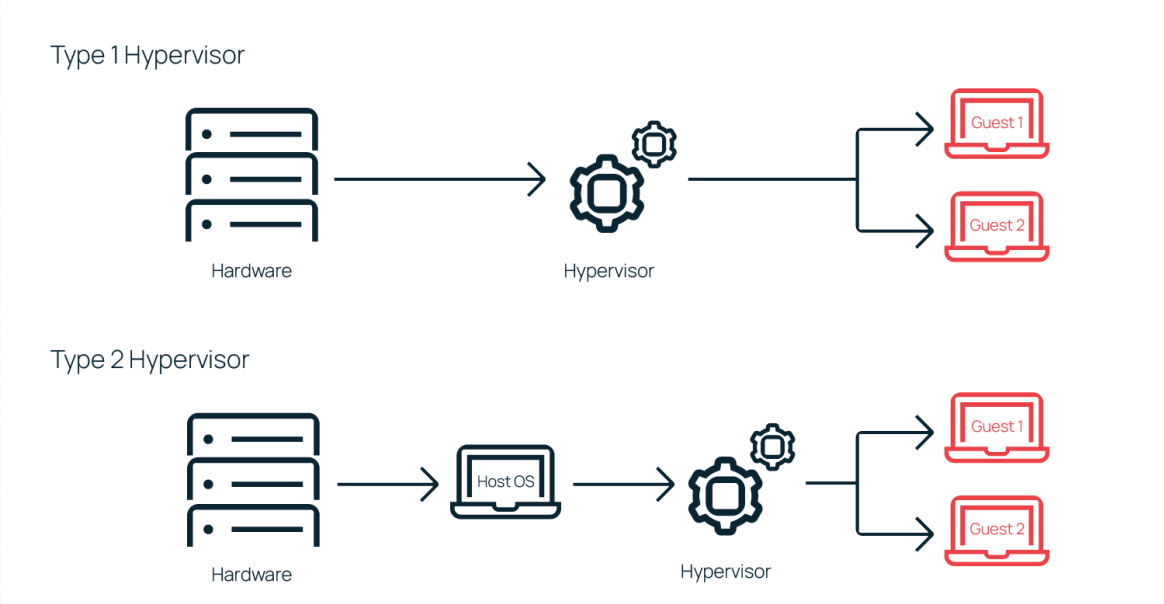


Рисунок 1.5 – Два типи гіпервізорів

Одним із ключових аспектів віртуалізованих середовищ є ізоляція процесів, яка гарантує безпеку та стабільність роботи кожного віртуального середовища.

Ізоляція може бути реалізована на кількох рівнях:

– *ізоляція на рівні гіпервізора* – кожна VM отримує власне ядро операційної системи, що захищає її від впливу інших машин у тому ж середовищі;

– *контейнерна ізоляція* – використовується у Docker та Kubernetes для запуску ізольованих програм без повноцінних віртуальних машин;

– *процесна ізоляція* – кожен процес працює незалежно, без можливості впливу на інші запущені процеси.

Впровадження механізмів віртуалізації дозволяє значно підвищити ефективність управління серверними інфраструктурами та забезпечити масштабованість, гнучкість та безпеку сучасних IT-систем. Саме тому концепції віртуальних машин, гіпервізорів та ізоляції процесів стали фундаментом розвитку хмарних технологій та сучасного програмного забезпечення.

Віртуалізація є фундаментальною технологією сучасних інформаційних систем, що дозволяє ефективно розподіляти ресурси, підвищувати продуктивність та забезпечувати безпеку даних. Вона охоплює кілька основних напрямів, кожен з яких має свої особливості та застосування. До ключових видів віртуалізації належать апаратна, програмна, мережева та контейнеризація.

Апаратна віртуалізація (рис. 1.6). Передбачає створення віртуальних версій фізичних серверів, що дозволяє запускати кілька операційних систем на одному апаратному забезпеченні [8]. Основним компонентом такої віртуалізації є гіпервізор, який керує розподілом ресурсів між віртуальними машинами.

Особливості апаратної віртуалізації:

– принцип роботи. Гіпервізор створює віртуальні машини (VMs), кожна з яких має власну операційну систему та ресурси;

– переваги. Оптимізація використання серверного обладнання, зменшення витрат на фізичні сервери, підвищення гнучкості управління IT-інфраструктурою;

– приклади: VMware ESXi, Microsoft Hyper-V, KVM.

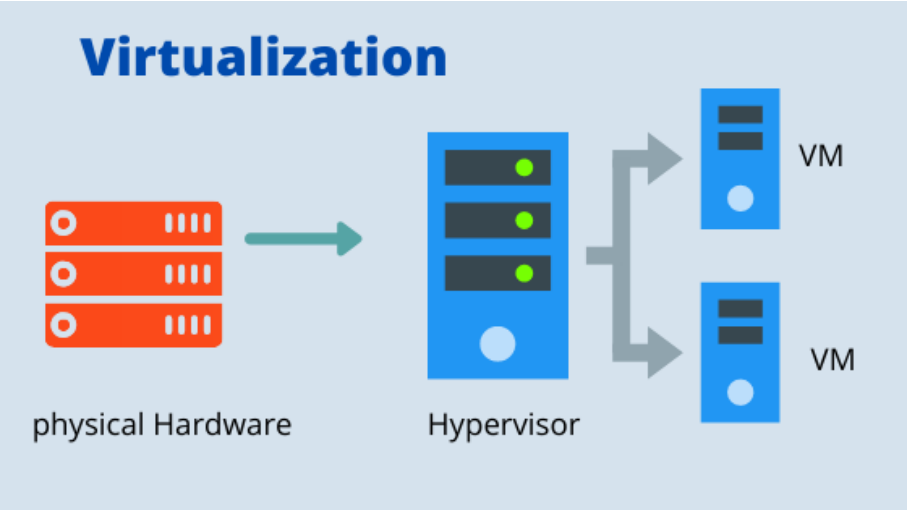


Рисунок 1.6 – Апаратна віртуалізація

Програмна віртуалізація (рис. 1.7). Дозволяє запускати програмне забезпечення у віртуальному середовищі без необхідності встановлення його на фізичний пристрій. Це забезпечує ізоляцію програм, що підвищує безпеку та стабільність роботи системи [9].

Особливості програмної віртуалізації:

– принцип роботи. Програми працюють у віртуальному контейнері, що запобігає конфліктам між різними версіями програмного забезпечення;

– переваги. Можливість запуску програм без встановлення, ізоляція процесів, зменшення ризиків несумісності програмного забезпечення;

– приклади: Windows Sandbox, VMware ThinApp, Citrix Virtual Apps.

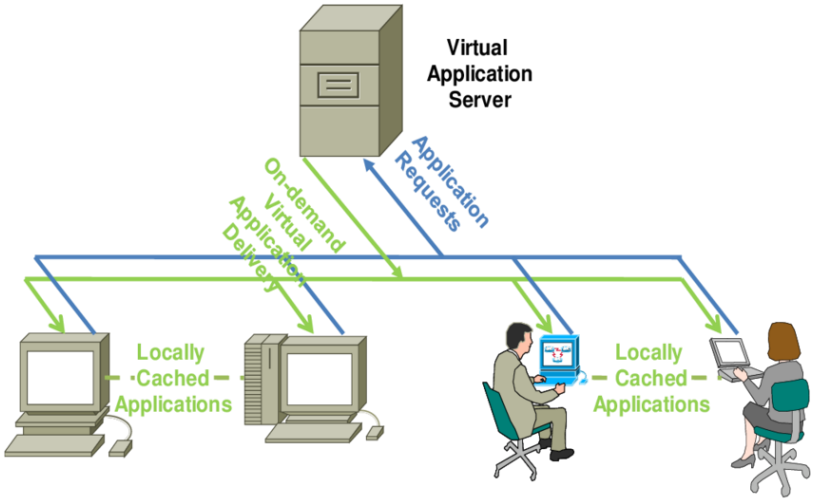


Рисунок 1.7 – Програмна віртуалізація

Мережева віртуалізація (рис. 1.8). Дозволяє створювати віртуальні мережі, що працюють незалежно від фізичної інфраструктури. Це забезпечує гнучке управління мережевими ресурсами та підвищує рівень безпеки [10].

Особливості мережевої віртуалізації:

– принцип роботи. Віртуальні мережі створюються шляхом абстрагування фізичних мережевих компонентів, що дозволяє розподіляти трафік між різними середовищами;

– переваги. Оптимізація мережевого трафіку, підвищення безпеки, можливість створення ізольованих середовищ для тестування;

– приклади: SDN (Software-Defined Networking), NFV (Network Function Virtualization), VLAN.

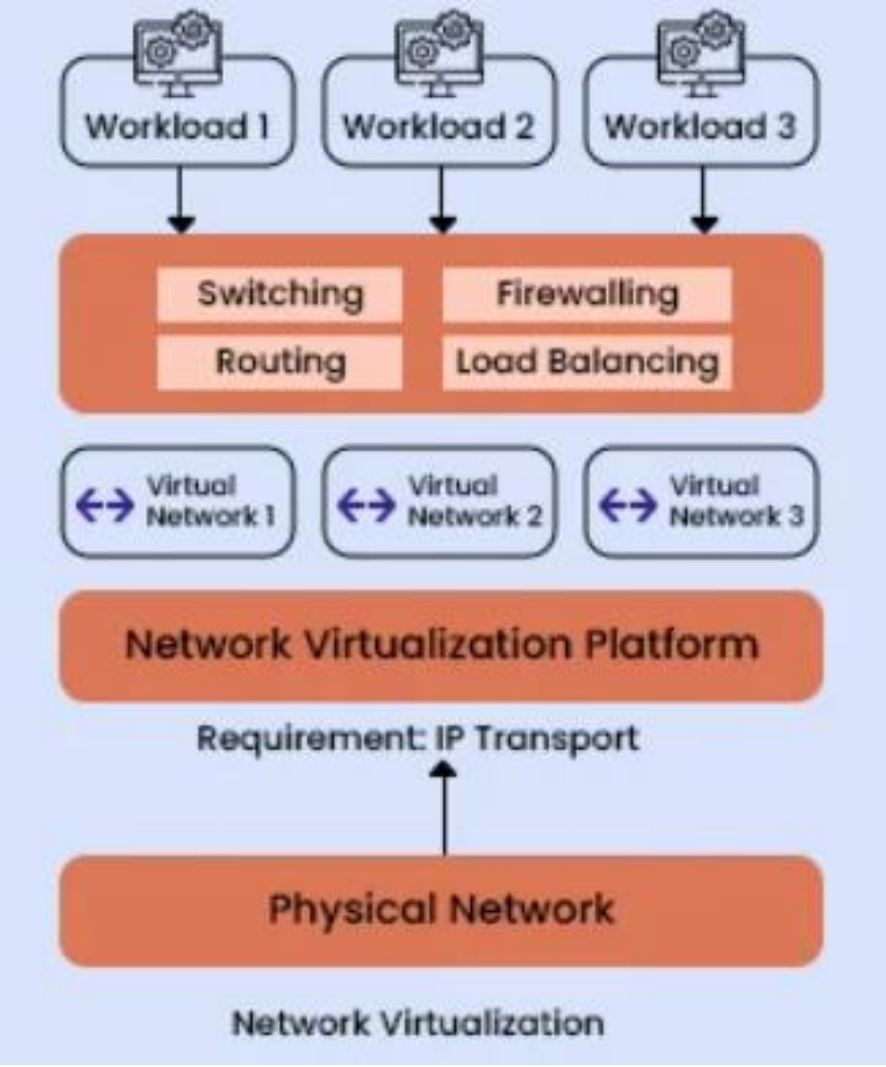


Рисунок 1.8 – Мережева віртуалізація

Контейнеризація (рис. 1.9.). Є сучасним підходом до віртуалізації, що дозволяє запускати ізольовані додатки без необхідності створення повноцінних віртуальних машин. Контейнери працюють на рівні операційної системи, що забезпечує їхню легкість та швидкість [5].

Особливості контейнерезації:

– принцип роботи. Контейнери використовують ядро операційної системи, що дозволяє запускати кілька ізольованих додатків на одному сервері;

– переваги. Швидке розгортання, мінімальне споживання ресурсів, легкість у масштабуванні.;

– приклади: Docker, Kubernetes, OpenShift.

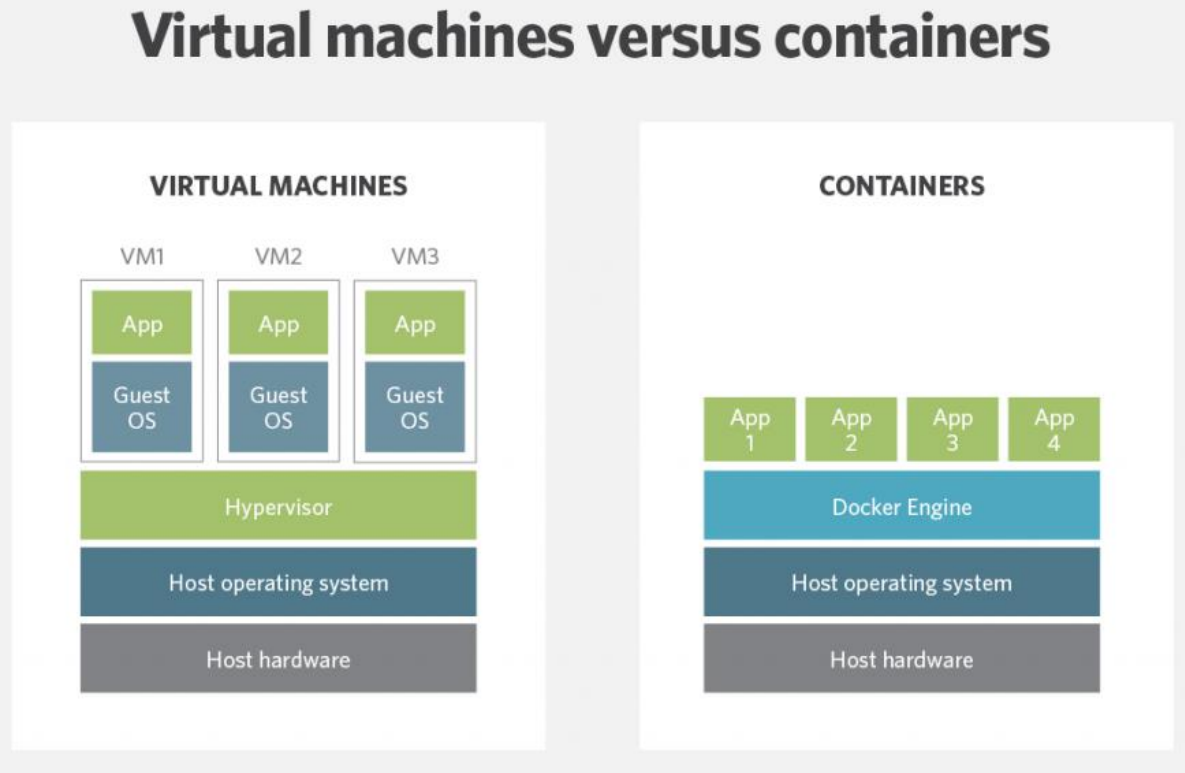


Рисунок 1.9 – Порівняння схем роботи віртуальних машин та контейнерів

Розвиток інформаційних технологій привів до значних змін у способах управління обчислювальними ресурсами. Традиційний підхід до організації IT-інфраструктури передбачає використання фізичних серверів, кожен з яких виконує окрему задачу та має власне апаратне забезпечення. Водночас, віртуалізовані середовища дозволяють створювати логічно ізольовані обчислювальні ресурси на

одному фізичному сервері, що значно підвищує ефективність використання обладнання.

Традиційний підхід: фізичні сервери. У традиційному підході кожен фізичний сервер виконує конкретну функцію та працює в межах власної операційної системи. Основним принципом є виділення апаратних ресурсів для конкретної задачі, що дозволяє точно контролювати продуктивність та безпеку [11].

Особливості традиційного підходу:

– фіксована конфігурація. Сервери мають чітко визначені параметри і не можуть змінюватися без оновлення обладнання;

– відокремленість. Кожен сервер працює незалежно, і будь-яка зміна потребує ручного втручання або додаткових налаштувань;

– оптимізація під конкретні задачі. Адміністратор має можливість точно налаштувати сервер, максимально оптимізуючи його для виконання конкретної функції (наприклад, вебсервер чи сервер баз даних);

– обмежена масштабованість. Для збільшення продуктивності необхідно купувати нове обладнання, що веде до значних фінансових витрат.

Віртуалізація дозволяє запускати кілька віртуальних машин на одному фізичному сервері, що значно покращує ефективність розподілу ресурсів та зменшує витрати на обладнання [11].

Переваги віртуалізації над традиційним підходом:

– гнучкість у розподілі ресурсів. Адміністратор може налаштовувати параметри кожної віртуальної машини відповідно до потреб користувачів;

– зменшення витрат. Не потрібно купувати нове обладнання для кожного нового сервера—достатньо створити нову VM;

– швидке масштабування. Віртуальні машини можуть бути швидко розгорнуті, змінені або мігрувати між фізичними серверами без втрати продуктивності;

– автоматизація процесів. Сучасні платформи дозволяють автоматично розподіляти ресурси залежно від поточних потреб бізнесу.

Таблиця 1.1 – Порівняння способів управління обчислювальними ресурсами

Критерій	Традиційний підхід	Віртуалізовані середовища
Використання ресурсів	Кожен сервер має власні ресурси	Ресурси розподіляються між VM
Гнучкість	Обмежена	Висока
Масштабованість	Вимагає додаткового обладнання	Можливе швидке розширення
Безпека	Висока, але залежить від фізичного доступу	Вимагає додаткових механізмів захисту
Витрати	Високі витрати на обладнання	Зменшення витрат завдяки оптимізації ресурсів
Автоматизація	Мінімальна	Високий рівень автоматизації

Розширений аналіз, глибокий розгляд аспектів:

– *вплив на продуктивність.* Віртуалізація дозволяє гнучко розподіляти ресурси між віртуальними машинами, що може оптимізувати продуктивність. Однак вона додає шар абстракції, який може спричинити накладні витрати на обробку процесів. У традиційному підході всі ресурси доступні безпосередньо, що забезпечує максимальну швидкість роботи програмного забезпечення;

– *витрати на адміністрування.* Традиційний підхід вимагає великої кількості фізичних серверів, їхньої ручної підтримки та оновлення. Віртуалізовані середовища дозволяють централізовано управляти ресурсами, що зменшує операційні витрати, але потребує навчання персоналу для роботи з гіпервізорами;

– *безпека даних та стабільність.* Фізичні сервери забезпечують високий рівень ізоляції, оскільки кожен пристрій працює окремо. Віртуалізовані середовища можуть бути вразливими до атак на рівні гіпервізора, що потребує впровадження додаткових засобів захисту (наприклад, шифрування та контроль доступу до VM);

– *використання в бізнесі.* У традиційних моделях серверів кожна компанія повинна інвестувати значні кошти в фізичне обладнання, що ускладнює масштабування. Віртуалізація дозволяє швидко адаптуватися до змін і ефективно керувати ресурсами, що стало стандартом у хмарних обчисленнях.

Віртуалізовані середовища пропонують значні переваги у порівнянні з традиційним підходом, зокрема гнучкість, масштабованість та економію ресурсів.

Однак їхнє впровадження потребує ретельного планування, врахування можливих ризиків та використання спеціалізованих технологій для забезпечення безпеки та продуктивності. У багатьох випадках компанії застосовують гібридний підхід, комбінуючи фізичні сервери та віртуалізацію для досягнення максимальної ефективності IT-інфраструктури [11].

1.2 Архітектура та принципи роботи віртуалізованих середовищ

Сучасна цифрова інфраструктура невід'ємно пов'язана з розвитком технологій віртуалізації, в основі яких лежить механізм гіпервізорів. У рамках даної дипломної роботи особливу увагу варто приділити сучасним тенденціям у застосуванні гіпервізорів, які не тільки забезпечують базову віртуалізацію обчислювальних ресурсів, але й дозволяють інтегрувати рішення для автоматизації управління, балансування навантаження та масштабування хмарних середовищ.

Сучасні гіпервізори можна класифікувати за рядом ознак, виходячи із способу інтеграції з апаратним забезпеченням та рівня їх функціональної автономії. Вони виступають не просто засобом розподілу ресурсів, а стають інструментом, що дозволяє впроваджувати сучасні підходи до управління IT-ресурсами, оптимізувати їх використання та забезпечувати підтримку високопродуктивних хмарних обчислень.

Новітні дослідження в галузі гіпервізорів свідчать про появу ряду розширених функціональних можливостей, серед яких — підтримка паравиртуалізації та адаптивних алгоритмів управління ресурсами. Ці підходи дозволяють покращити злагоджену роботу гостьових операційних систем із ядром фізичного обладнання, що критично важливо в умовах високої інтенсивності обчислювальних завдань. Наприклад, паравиртуалізація дозволяє оптимізувати взаємодію між апаратним забезпеченням і гостьовими системами через спеціальне

API, що сприяє зниженню накладних витрат і підвищенню продуктивності при мінімізації затримок.

Особлива роль гіпервізорів набуває в умовах сучасної хмарної інфраструктури, де стандартизація, масштабованість і безперебійність роботи систем стають визначальними чинниками. Гіпервізори типу 1, такі як VMware ESXi, Microsoft Hyper-V та KVM, дозволяють реалізувати концепцію "живої міграції" віртуальних машин, що забезпечує перехід навантаження між фізичними серверами без зупинки роботи сервісів. Це є надзвичайно важливим аспектом для систем із високими вимогами до відмовостійкості та доступності [12].

Сучасні гіпервізори також активно інтегруються з контейнеризацією, розширюючи можливості хмарних обчислень. Використання таких технологій, як Docker та оркестраційних систем на основі Kubernetes, створює новий рівень гнучкості, що дозволяє ефективно поєднувати класичну віртуалізацію з легкими, портативними контейнерами. Таким чином, організації отримують можливість швидко розгортати сервіси, адаптувати їх під поточні потреби бізнесу та проводити масштабування ресурсів у режимі реального часу.

Сучасні тренди передбачають застосування інтелектуальних алгоритмів управління, що дозволяють гіпервізорам автоматично прогнозувати навантаження, балансувати ресурси між віртуальними машинами та забезпечувати оптимальну продуктивність при мінімальних витратах. Інтеграція технологій штучного інтелекту в механізми контролю дозволяє не лише підвищувати ефективність, а й знижувати ризики збоїв, підвищуючи загальний рівень безпеки інформаційної інфраструктури.

Популярні рішення демонструють практичну реалізацію всіх вищезгаданих принципів. Наприклад, VMware ESXi (рис. 1.10) здобув широку популярність завдяки своїй високій продуктивності, гнучкості та розширеним можливостям для управління розподіленими ресурсами в корпоративних дата-центрах [13]. Microsoft Hyper-V (рис. 1.11) інтегрується у екосистему Windows Server, дозволяючи організаціям використовувати єдиний інструментарій для управління

віртуалізованими середовищами в умовах корпоративного навчання та бізнес-процесів [14].

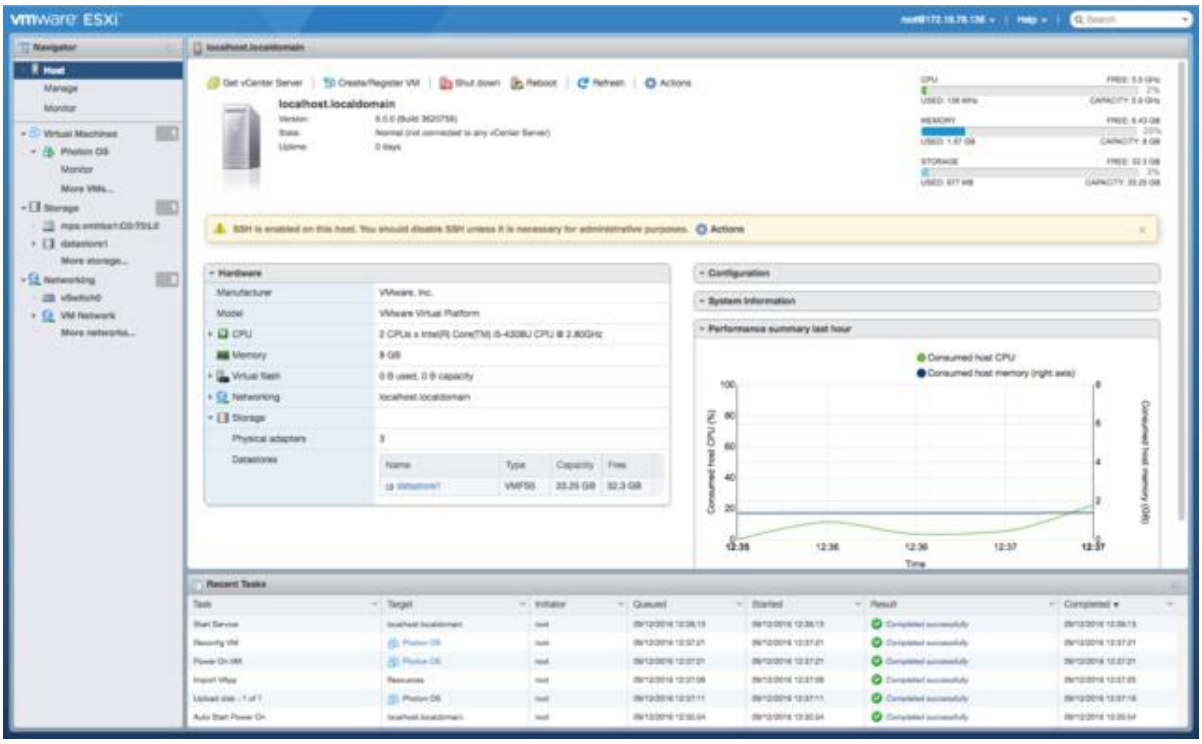


Рисунок 1.10 – Інтерфейс VMware ESXi

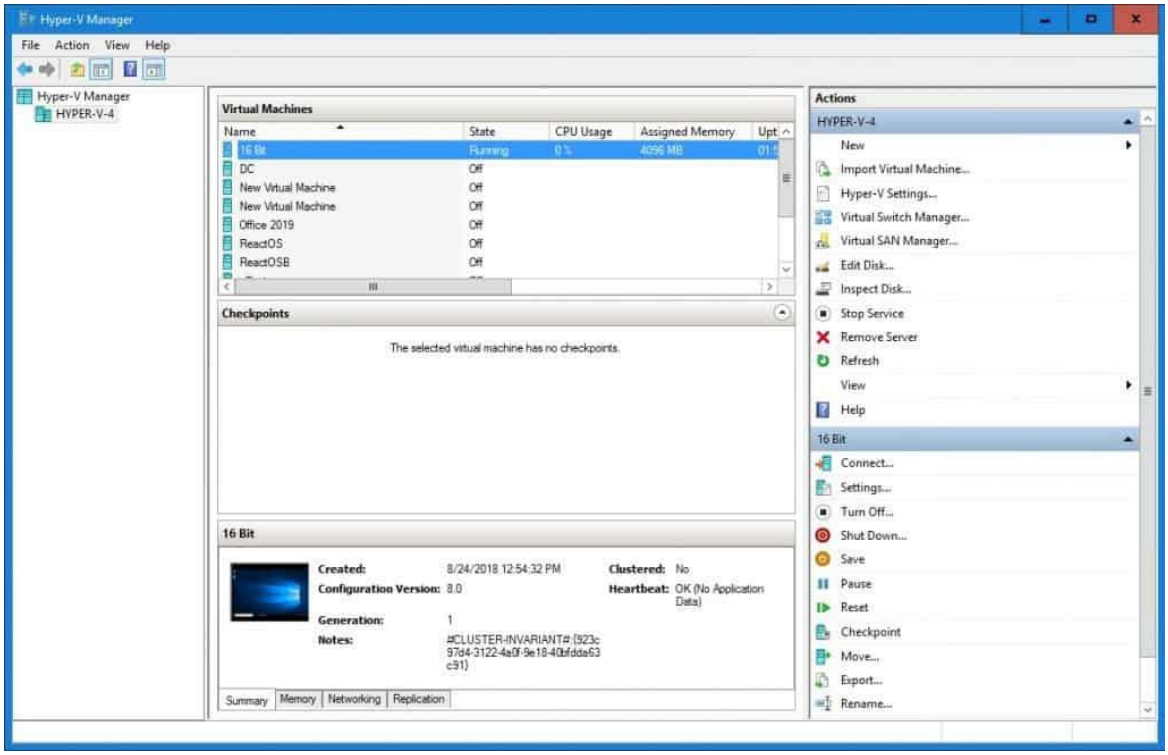


Рисунок 1.11 – Інтерфейс Microsoft Hyper-V

KVM (Kernel-based Virtual Machine), як гіпервізор з відкритим кодом, забезпечує високий рівень адаптивності та інтеграції з Linux-середовищами, що робить його особливо привабливим для масштабованих хмарних платформ, таких як OpenStack [15].

Таким чином, сучасні гіпервізори є невід'ємною складовою віртуалізованих середовищ, що дозволяють досягти максимальної оптимізації використання ресурсів, підвищення безпеки та гнучкості управління. Розвиток технологій, таких як паравиртуалізація та інтеграція з контейнерними рішеннями, свідчить про динамічний розвиток галузі та її здатність адаптуватися до вимог сучасної цифрової трансформації. Це відкриває нові перспективи для організацій, що прагнуть підвищити ефективність своїх IT-інфраструктур та забезпечити високу якість послуг у хмарних обчисленнях.

Kernel-based Virtual Machine (KVM) – це не окремий сервіс, а інтегрована частина ядра Linux, що забезпечує платформу для віртуалізації. З огляду на специфіку KVM, його графічні рішення набирають особливого значення, адже вони спрямовані на спрощення управління віртуальними машинами за допомогою зручних інтерфейсів, що працюють поверх стандартних компонентів Linux-середовища. Сучасні графічні інструменти, що базуються на libvirt, дозволяють адміністраторам і користувачам отримувати візуальне представлення, конфігурувати параметри та контролювати стан віртуальних машин без необхідності роботи з командним рядком [15].

Одним із основних рішень є *virt-manager* – потужний графічний інтерфейс, який забезпечує легкий доступ до можливостей управління KVM. Virt-manager надає набір функцій для створення, налаштування та моніторингу віртуальних машин, дозволяючи переглядати графічний вивід гостевих ОС, управляти ресурсами та навіть проводити живу міграцію віртуальних машин між хостами. Завдяки інтеграції з libvirt, virt-manager забезпечує уніфікований спосіб управління як локальними, так і віддаленими інстанціями KVM, що є вагомою перевагою в умовах розподілених інфраструктур [16].

Іншим вагомим графічним рішенням для KVM є *Kimchi* – HTML5-орієнтований вебінтерфейс, розроблений для спрощеного управління віртуалізованими середовищами на базі KVM [17]. Використання вебтехнологій дозволяє Kimchi працювати у браузері, надаючи адміністратору можливість управляти віртуальними машинами з будь-якого пристрою без встановлення додаткового програмного забезпечення. Kimchi орієнтований на забезпечення інтуїтивно зрозумілого користувацького досвіду, що є особливо актуальним для освітніх платформ та корпоративних середовищ, де важлива швидка адаптація користувачів до нових технологій управління.

Ще одним прикладом є *GNOME Boxes*, що надає простий інтуїтивний інтерфейс для управління віртуальними машинами в настільному середовищі GNOME [18]. GNOME Boxes створено з метою спрощення запуску гостевих ОС для кінцевих користувачів, залучаючи їх до використання віртуалізації без необхідності глибокого знання технічних деталей. Це рішення демонструє, як KVM може бути інтегроване в середовище користувача, забезпечуючи не тільки потужні адміністраторські можливості, але й зручність повсякденної роботи з віртуальними машинами.

Окрім вищезгаданих інтерфейсів, крім класичних графічних утиліт, KVM активно підтримує інтеграцію з *оркестраційними системами*. Зокрема, інструменти на базі Kubernetes дозволяють управляти контейнерними рішеннями в поєднанні з KVM для створення гібридних віртуалізованих середовищ. Таке поєднання забезпечує не лише візуальний контроль, а й автоматизацію процесів, що дозволяє ефективно адаптувати обчислювальні ресурси до навантаження в реальному часі.

Сучасні графічні рішення для KVM орієнтовані на забезпечення високої доступності, автоматизації та гнучкості в управлінні інфраструктурою. Вони дозволяють виконувати такі завдання, як створення нових віртуальних машин, масштабування ресурсів, моніторинг продуктивності та управління мережевими конфігураціями через зручний користувацький інтерфейс. Наприклад, інтеграція з системою libvirt дозволяє не тільки візуалізувати вже існуючі ресурси, але й

виконувати операції «живої міграції» віртуальних машин між хостами, що сприяє зниженню часу простою та оптимізації навантаження на сервери.

Графічні рішення KVM також розвиваються у напрямку підвищення рівня інтерактивності. Сучасні системи дозволяють, за допомогою технологій віддаленого доступу, наприклад, VNC чи SPICE, забезпечувати інтерактивну роботу з віртуальними машинами [19]. Це особливо важливо для сценаріїв, у яких користувачам потрібно отримати доступ до графічних додатків, запущених у середовищі KVM. Така інтеграція забезпечує плавний і зручний користувацький інтерфейс, що суттєво полегшує адміністративні завдання.

Таким чином, графічні рішення для KVM, представлені цими інструментами, не лише розширюють стандартні можливості віртуалізації, але й забезпечують гнучкість, інтуїтивність та високу ефективність управління віртуальними середовищами, що є критично важливим для сучасних IT-інфраструктур та хмарних обчислень. Ці рішення мають значний вплив на зниження порогу входу для нових користувачів, що прагнуть інтегрувати віртуалізацію у свої бізнес-процеси, та сприяють більш глибокій автоматизації та інтеграції систем в умовах зростання обчислювальних потреб організацій.

Контейнеризація: Docker vs Kubernetes (рис. 1.12), переваги контейнерного підходу. Контейнеризація є сучасним підходом до розгортання та управління програмним забезпеченням, який дозволяє ізолювати додатки разом із їх залежностями в окремих, легких та портативних середовищах. Цей метод значно відрізняється від традиційних методів розгортання, оскільки забезпечує високу ступінь повторного використання, швидке масштабування та оптимізацію використання апаратних ресурсів. Серед найбільш відомих технологій, що стимулюють розвиток контейнеризації, варто виділити Docker та Kubernetes. Незважаючи на те, що ці дві технології виконують взаємодоповнюючі ролі, їх функціональне призначення та сфера застосування значно відрізняються [20].

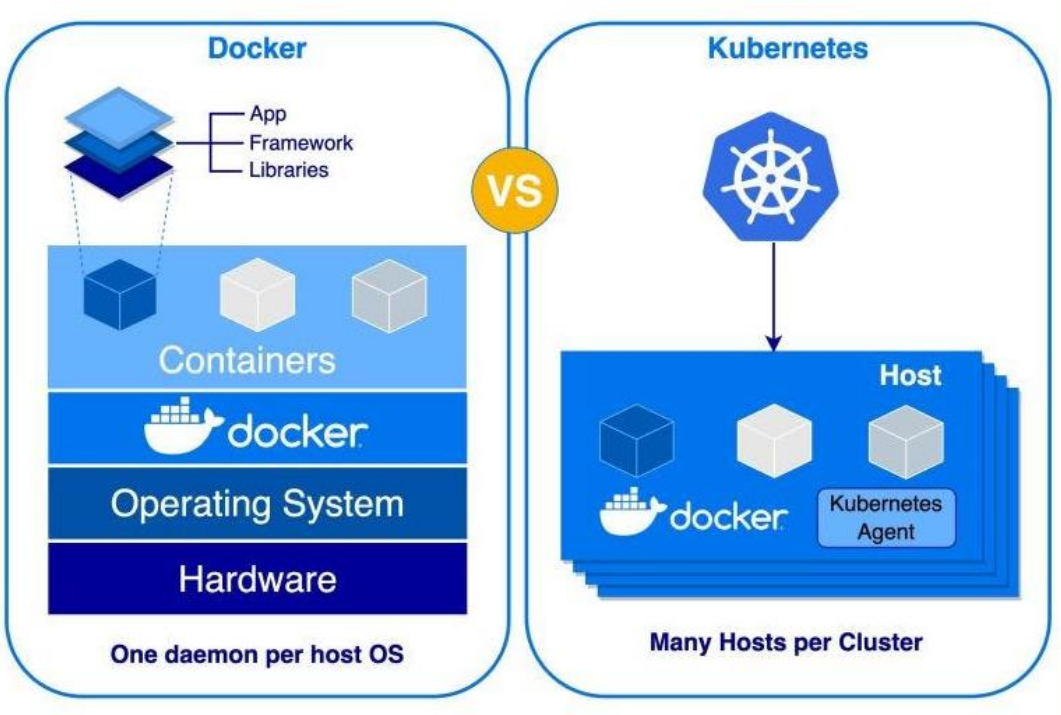


Рисунок 1.12 – Порівняння Docker та Kubernetes

Docker виступає як платформа для створення, розгортання та виконання контейнерів. Головною перевагою Docker є можливість пакувати додаток разом з усіма його залежностями в єдиний образ, який гарантовано працюватиме однаково на будь-якому хості, де встановлено Docker. Такий підхід забезпечує високу портативність додатків, скорочує час на налаштування середовища та знижує ризики виникнення «проблем сумісності». Крім того, Docker дозволяє швидко створювати та оновлювати образи, таким чином сприяючи зниженню часу від розробки до розгортання. Завдяки простоті створення контейнерів, технологія активно використовується у процесах безперервної інтеграції та розгортання (CI/CD).

Натомість Kubernetes є системою оркестрації контейнерів, розробленою для автоматизації розгортання, масштабування та управління контейнеризованими додатками в кластерному середовищі. На відміну від Docker, який зосереджується на створенні окремих контейнерів, Kubernetes оптимізує роботу великої кількості контейнерів, забезпечуючи балансування навантаження, автоматичне відновлення після збоїв та управління життєвим циклом сервісів. Завдяки динамічному масштабуванню, Kubernetes дозволяє підприємствам адаптувати обчислювальні

ресурси відповідно до змін навантаження в режимі реального часу, що є особливо важливим для систем із високою доступністю та безперебійною роботою.

Основною перевагою використання контейнерного підходу є його здатність забезпечувати логічну ізоляцію додатків без накладних витрат повноцінної віртуалізації кожної програми. Контейнери споживають менше системних ресурсів порівняно з традиційними віртуальними машинами, що сприяє підвищенню продуктивності та ефективному використанню ресурсів. Вони забезпечують швидке та повторюване розгортання, що дозволяє розробникам та адміністраторам систем зосередитися на оптимізації бізнес-логіки замість управління апаратними засобами.

При порівнянні Docker та Kubernetes важливо зазначити, що ці технології не є суперечливими, а радше доповнюючими одна одну. Docker забезпечує стандартизоване середовище для запуску додатків, тоді як Kubernetes виступає як інструмент управління та оркестрації для роботи з великою кількістю контейнерів у розподілених середовищах. Інтегроване використання цих технологій дозволяє інженерам створювати високоефективні розподілені системи, що легко масштабуються, адаптуються до змін навантаження та можуть бути швидко перенесені між різними платформами [20].

Сучасні підходи до контейнеризації вимагають врахування не лише технічних аспектів, а й стратегічного планування IT-інфраструктури. Інтеграція інструментів оркестрації, таких як Kubernetes, із засобами CI/CD та системами моніторингу дозволяє досягти високої автоматизації процесів розгортання, що є критично важливим для підприємств, які працюють у середовищі постійних змін і з високими вимогами до відмовостійкості.

Таким чином, переваги контейнерного підходу полягають у його легкості, портативності, масштабованості та гнучкості, що дозволяють впроваджувати сучасні рішення для автоматизації та управління додатками. Використання Docker для створення контейнерів у поєднанні з Kubernetes для їх оркестрації є потужним інструментом сучасної IT-інфраструктури, що відкриває нові можливості для

цифрової трансформації підприємств і створення високоефективних хмарних платформ.

Моделі розподілу ресурсів у віртуалізованих середовищах. Ефективне управління ресурсами є ключовим фактором у забезпеченні високої продуктивності та стабільності віртуалізованих систем. Природно, що при зростанні складності хмарних обчислювальних середовищ та розширенні кількості віртуальних машин і контейнерів виникає нагальна потреба в оптимізації розподілу ресурсів для забезпечення максимального використання апаратних потужностей, мінімізації затримок та зниження енергоспоживання. Сучасні моделі розподілу ресурсів охоплюють як статичні, так і динамічні підходи, а також їх гібридні комбінації, що дозволяють адаптуватися до змін навантаження в режимі реального часу [21].

У статичних моделях розподілу кожному віртуальному середовищу або конкретному процесу заздалегідь виділяються певні кількісні показники ресурсів, такі як процесорний час, обсяг оперативної пам’яті чи пропускна здатність мережевих з’єднань. Таке попереднє планування засноване на прогнозуванні середнього навантаження та історичних даних, що забезпечує передбачуваність експлуатації. Проте цей підхід має серйозні обмеження у випадку несподіваних пікових навантажень або сезонних змін, коли система не може оперативно перерозподілити ресурси між віртуальними машинами. Проте дослідження, проведені в багатьох корпоративних середовищах, свідчать про те, що у випадках стабільної експлуатації статична модель може значною мірою знизити накладні витрати на управління, забезпечуючи високу надійність роботи інфраструктури.

Динамічні моделі розподілу ресурсів орієнтовані на безперервний моніторинг поточного навантаження та використання апаратних ресурсів з метою оперативного коригування. Системи, що використовують алгоритми динамічного планування, підключають модулі моніторингу в режимі реального часу, що дозволяє, зокрема, змінювати порядок розподілу обчислювальних ресурсів між віртуальними машинами або контейнерами залежно від поточних вимог. Серед популярних алгоритмів можна згадати техніки балансування навантаження,

оптимізовані за допомогою алгоритмів машинного навчання, які здатні прогнозувати майбутнє навантаження. Ці методи дозволяють не тільки відновити рівновагу при розподілі ресурсів, але й заздалегідь планувати збільшення або зменшення виділених ресурсів, що важливо для досягнення високої ефективності та мінімізації простоїв. Крім того, динамічні моделі можуть враховувати індивідуальні пріоритети додатків, що забезпечує більш тонке налаштування системи, спрямоване на оптимізацію якості обслуговування.

До значних здобутків у цій галузі відноситься використання гібридних моделей розподілу ресурсів, які інтегрують елементи як статичного, так і динамічного підходів. У таких системах попередньо визначені квоти доповнюються адаптивними механізмами, що дозволяють автоматично перерозподіляти ресурси у відповідь на різкі зміни навантаження або виникнення непередбачених ситуацій. Гібридні алгоритми часто включають модулі, що аналізують історичні дані, та адаптивні алгоритми, які в режимі реального часу проводять реорганізацію розподілу ресурсів. Це забезпечує оптимізацію роботи системи навіть при високих пікових навантаженнях, сприяє зниженню енергоспоживання та дозволяє економити фінансові ресурси підприємства.

У сучасних хмарних обчислювальних платформах такі моделі розподілу ресурсів є надзвичайно важливими, оскільки вони дозволяють забезпечити масштабованість, відмовостійкість та адаптивне управління інфраструктурою. Інтеграція розподілу ресурсів з системами аналізу та прогнозування також відкриває нові можливості для підвищення ефективності управління середовищем. Подібні підходи знаходять своє застосування не лише у великих корпоративних дата-центрах, а й у середовищах дистанційного навчання, де оптимізація обчислювальних потужностей виступає критерієм високої якості надання освітніх послуг.

Тому моделі розподілу ресурсів у віртуалізованих середовищах є необхідною складовою сучасних IT-інфраструктур, яка забезпечує ефективне, адаптивне та стабільне використання апаратних ресурсів. Розробка та впровадження таких моделей дозволяє організаціям не лише підвищувати продуктивність, але й сприяти

сталому розвитку технологічних систем за рахунок зниження експлуатаційних витрат та оптимізації енергоспоживання. Інтеграція алгоритмів прогнозування і адаптації в моделі розподілу ресурсів стає основою для створення конкурентоспроможних хмарних рішень, що відповідають сучасним вимогам ринку та сприяють цифровій трансформації підприємств.

Вплив віртуалізації на безпеку, особливості сучасних підходів та виклики. Сучасні інформаційні системи у процесі переходу до віртуалізованих середовищ стикаються з низкою нових безпекових аспектів, що зумовлюють як потенційне підвищення рівня захищеності даних, так і виникнення нових загроз. Віртуалізація як технологія забезпечує ефективну ізоляцію додатків та служб, проте одночасно створює додатковий шар абстракції, який вимагає ретельного підходу до політик безпеки та постійного моніторингу за станом системи [22].

Однією з основних переваг віртуалізованих середовищ є можливість логічної ізоляції, що дозволяє розділяти різні додатки, операційні системи та мережеві сегменти навіть при спільному використанні фізичних ресурсів. Такий підхід сприяє зниженню ймовірності поширення шкідливого впливу – компрометація однієї віртуальної машини зазвичай не переходить на інші ізольовані середовища. Проте сам процес ізоляції вимагає впровадження додаткових заходів захисту, таких як застосування апаратних засобів підтримки віртуалізації (наприклад, технологій Intel VT-x чи AMD-V), що допомагають знизити ризики витоку інформації через потенційні «сайд-ченел» атаки.

Значну увагу слід приділити і аспектам управління конфігурацією гіпервізорів. Сучасні гіпервізори впроваджують складні механізми для контролю доступу, що забезпечують не тільки фізичну, але й логічну ізоляцію віртуальних машин. Проте, виявлено, що недостатньо налаштовані політики безпеки можуть призводити до так званих «VM escape» атак – ситуацій, коли зловмисник, отримавши контроль над однією віртуальною машиною, може проникнути до гіпервізора та отримати доступ до інших інстанцій. Саме тому важливим елементом є постійна валідація політик безпеки, регулярне оновлення ПЗ гіпервізорів та впровадження механізмів багаторівневої автентифікації.

У контексті безпеки віртуалізованих середовищ важливими є також методи сегментації мережі та контролю міжсегментного трафіку. Завдяки застосуванню принципів мікросегментації, адміністратори можуть забезпечити детальне розмежування між віртуальними машинами навіть у рамках одного хосту, що дозволяє оперативно ізолювати загрозу та мінімізувати її вплив на загальну інфраструктуру. Водночас, інтеграція сучасних систем моніторингу, використання систем управління подіями безпеки (SIEM) та технологій аналізу поведінки користувачів дозволяють оперативно визначати підозрілі активності та запобігати можливим вторгненням.

Впровадження технологій віртуалізації відкриває також перспективи застосування криптографічних методів захисту. Захист даних у процесі передачі між віртуальними машинами та їх зберігання з використанням шифрування стає важливим кроком у зниженні ризиків доступу зловмисників до конфіденційної інформації. Сучасні рішення враховують як апаратне шифрування, так і розгортання криптографічних протоколів на рівні операційних систем, що забезпечує багаторівневий захист інформації.

Слід зазначити, що впровадження комплексних заходів безпеки у віртуалізованих середовищах є безперервним процесом, що включає автоматичне оновлення програмного забезпечення, використання адаптивних алгоритмів прогнозування загроз та інтеграцію новітніх технологій штучного інтелекту для аналізу та попередження аномалій. Такий підхід дозволяє не лише реагувати на поточні загрози, але й проактивно ідентифікувати потенційні колізії в конфігураціях безпеки, що надалі сприяє підвищенню загального рівня захищеності системи.

Таким чином, вплив технологій віртуалізації на безпеку є багатогранним. Співіснуючи разом з перевагами збільшеної гнучкості та оптимізації ресурсів, вони вимагають впровадження сучасних рішень для забезпечення високої ступені захищеності в умовах зростання складності IT-інфраструктур. Інтеграція просунутих методів контролю, сегментації, моніторингу та криптографічного захисту відіграє вирішальну роль у формуванні безпечних, стабільних та надійних

віртуалізованих середовищ, що відповідають вимогам сучасної цифрової трансформації та високих стандартів кібербезпеки.

1.3 Використання віртуалізації в різних галузях

Сучасні технології віртуалізації займають центральне місце у цифровій трансформації підприємств і організацій, забезпечуючи нові можливості як в області оптимізації IT-ресурсів, так і у впровадженні інноваційних бізнес-моделей. Завдяки здатності створювати логічно ізольовані середовища на одному фізичному сервері, технології віртуалізації дозволяють значно знизити експлуатаційні витрати, підвищити гнучкість управління та адаптивність інфраструктури, що особливо актуально для умов швидкозмінного ринку [23].

Віртуалізація знаходить своє застосування практично у всіх галузях сучасної економіки. У корпоративному секторі вона сприяє консолідації серверних потужностей, що дозволяє оптимізувати використання апаратного забезпечення і забезпечувати постійне масштабування обчислювальних ресурсів відповідно до змін навантаження. У сфері освіти технології віртуалізації застосовуються для створення віртуальних лабораторій, що забезпечують дистанційний доступ до спеціалізованого програмного забезпечення, а також для реалізації інтерактивних навчальних середовищ. Крім того, віртуалізація відіграє важливу роль у розробці й тестуванні програмного забезпечення, дозволяючи розробникам створювати ізольовані середовища для перевірки нових рішень без ризику порушення роботи основних систем.

Підприємства виробничого сектору активно використовують технології віртуалізації для планування, моделювання і оптимізації виробничих процесів. Завдяки симуляціям та використанню інтегрованих інформаційних систем можливе більш ефективне управління ланцюгом постачання, що веде до скорочення витрат і підвищення конкурентоспроможності продукції.

Особливий інтерес представляють застосування віртуалізації у сфері охорони здоров’я та державного управління. Віртуальні системи забезпечують безперебійну роботу медичних інформаційних систем, дозволяючи ефективно зберігати та аналізувати великі обсяги даних, необхідних для діагностики та лікування пацієнтів. Одночасно, завдяки високому рівню ізоляції, віртуальні середовища сприяють підвищенню безпеки систем, що є критичним у роботі з конфіденційною інформацією.

Цей розділ присвячено аналізу широкого спектру застосувань віртуалізації, зосередженому на вирішенні завдань оптимізації управління ресурсами, підвищенні рівня продуктивності та забезпеченні безпеки в різних галузях сучасної економіки. Далі будуть розглянуті окремі підтеми, що охоплюють особливості роботи гіпервізорів, переваги контейнеризації, моделі розподілу ресурсів, а також вплив віртуалізації на продуктивність, ефективність і безпеку. Цей комплексний підхід дозволяє не лише виявити ключові переваги впровадження технологій віртуалізації, а й окреслити основні виклики, які постають перед сучасними IT-інфраструктурами, сприяючи подальшій оптимізації та розвитку цих систем.

Таким чином, використання віртуалізації стає важливим інструментом у цифровій трансформації різних галузей, що дозволяє забезпечити адаптивність та стабільність сучасних інформаційних систем, підтримувати постійне удосконалення бізнес-процесів та підвищувати рівень конкурентоспроможності організацій.

Створення навчальних лабораторій, тестування програмного забезпечення. У сучасних умовах цифрової трансформації системи освіти активно впроваджують технології віртуалізації для створення інтерактивних навчальних лабораторій та організації процесів тестування програмного забезпечення. Використання віртуальних середовищ в освітніх установах дозволяє не лише знизити витрати на утримання фізичної інфраструктури, а й забезпечити ширший доступ до сучасних технологій для здобувачів освіти та викладачів. Завдяки можливості створення ізольованих, симульованих середовищ, віртуальні лабораторії дозволяють практично освоювати IT-технології, випробовувати програмні продукти у

контрольованих умовах та отримувати реалістичний досвід роботи з розподіленими системами.

Значну роль у цьому процесі відіграє можливість проводити тестування програмного забезпечення в умовах, максимально наближених до продуктивних. Такі лабораторії дозволяють моделювати різноманітні сценарії роботи додатків, проводити симуляції з високою ступенем деталізації, а також виявляти та усувати помилки на ранніх етапах розробки. Наприклад, використання хмарних платформ, таких як Microsoft Azure Lab Services, забезпечує створення дистанційних лабораторій, доступних з будь-якого пристрою, що значно розширює можливості для самостійного навчання та дослідницьких експериментів [24]. Іншим прикладом є застосування програмних продуктів для симуляції мережевих середовищ, таких як Cisco Packet Tracer (рис. 1.13), який дозволяє здобувачам освіти експериментувати з налаштуванням мережевої інфраструктури, отримуючи практичні навички в розв’язанні реальних завдань [25].

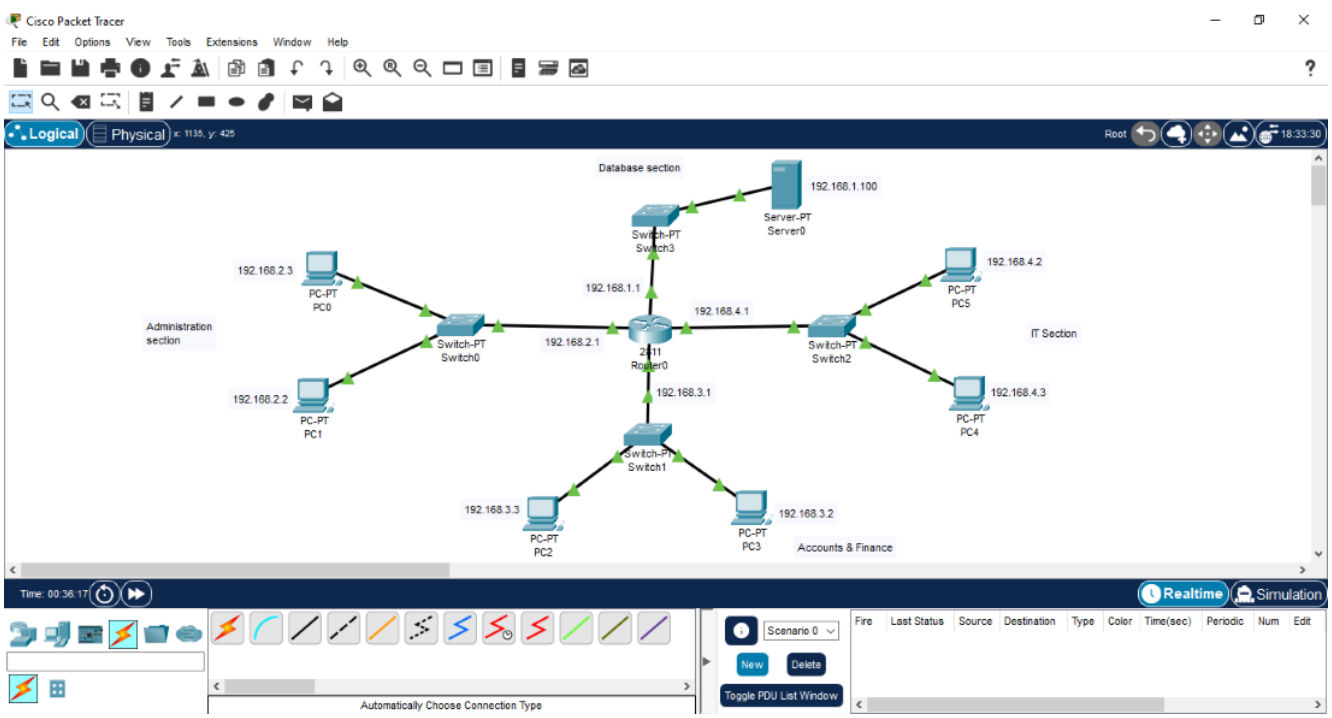


Рисунок 1.13 – Інтерфейс VMware ESXi

Крім того, інтеграція віртуальних лабораторій у навчальний процес сприяє формуванню компетенцій, необхідних для роботи в сучасних гнучких IT-системах.

Наприклад, за допомогою технологій віртуалізації, здобувачі освіти можуть брати участь у створенні комплексних сценаріїв, що охоплюють не лише програмування, а й налаштування серверних середовищ, управління ресурсами та забезпечення кібербезпеки. Такі практичні заняття дозволяють простежити нелінійність процесів, зрозуміти особливості взаємодії програмного забезпечення у розподілених системах та вивчити методики оптимізації роботи з обчислювальними ресурсами.

Важливим аспектом є також можливість інтеграції віртуальних лабораторій із системами управління навчанням (LMS), що дозволяє здійснювати моніторинг успішності людей, що навчаються, аналізувати їхні досягнення та оперативно коригувати навчальні плани [26]. Використання таких інтегрованих рішень сприяє узгодженості теоретичних знань із практичним досвідом, що є особливо важливим у підготовці фахівців для високотехнологічних галузей. Наприклад, навчальні заклади, які впровадили віртуальні лабораторії для тестування програмного забезпечення, відзначають підвищення практичних навичок студентів, швидший перехід від навчання до практичної діяльності на ринку праці та збільшення мотивації до самостійного дослідницького пошуку.

Також варто зазначити, що використання віртуальних середовищ дозволяє організовувати спільні лабораторні роботи та проєкти, що сприяє розвиткові командної роботи та комунікативних навичок серед студентів. Можливість працювати у спільноті над розв’язанням реальних завдань дає змогу розвивати критичне мислення та адаптивність при роботі в умовах обмежених ресурсів. У цьому контексті прикладом може служити впровадження віртуальних лабораторій у рамках курсів з кібербезпеки, де здобувачі освіти отримують можливість спільно аналізувати віртуальні середовища на предмет потенційних вразливостей та розробляти заходи для їх усунення.

Таким чином, використання віртуальних середовищ в освіті відкриває широкі можливості для практичного засвоєння теоретичного матеріалу, дозволяючи створювати динамічні, адаптивні та економічно ефективні навчальні лабораторії. Це сприяє не тільки підвищенню якості підготовки майбутніх фахівців, а й

стимулює інноваційний розвиток освітньої системи, що є критично важливим у контексті сучасного диджиталізованого суспільства.

Бізнес та корпоративна інфраструктура: віртуалізація серверів, економія на обладнанні. У сучасних умовах диджиталізації та постійного зростання обчислювальних потреб підприємств впровадження технологій віртуалізації стає стратегічно важливим компонентом корпоративної інфраструктури. Традиційна архітектура, яка базується на використанні окремих фізичних серверів для кожного додатку або служби, часто супроводжується високими капіталовкладеннями, значними витратами на обслуговування, оновлення та експлуатацію, а також великим енергоспоживанням. Віртуалізація серверів дозволяє суттєво скоротити ці витрати за рахунок консолідації обчислювальних ресурсів, оптимізації використання апаратного забезпечення та централізованого управління інфраструктурою.

Однією з основних переваг впровадження віртуалізації у корпоративному середовищі є можливість масштабного зменшення кількості фізичних серверів. Завдяки тому, що один потужний фізичний сервер може обслуговувати декілька віртуальних машин, підприємства отримують змогу знизити початкові витрати на закупівлю обладнання. Це не лише сприяє скороченню витрат на апаратну базу, але й зменшує експлуатаційні витрати, пов’язані із серверним приміщенням, охолодженням та обслуговуванням. Наприклад, компанії, що впроваджують віртуалізацію, часто повідомляють про зниження витрат на енергоспоживання та охолодження до 40–50% порівняно з традиційною серверною інфраструктурою [27].

Крім значного зменшення витрат на апаратне забезпечення, віртуалізація серверів дозволяє оптимізувати управління ресурсами за рахунок більш гнучкого їхнього розподілу. Завдяки використанню спеціалізованих систем управління, адміністратори можуть оперативно перерозподіляти ресурси між віртуальними машинами відповідно до змін навантаження, що гарантує ефективну роботу всього IT-провайдерського середовища. Динамічна масштабованість та можливість «живої» міграції віртуальних машин між фізичними хостами дозволяє не лише

мінімізувати простої системи у разі несподіваних пікових навантажень, а й зменшити ризики, пов’язані з аварійним відключенням окремих серверів.

Ефективність використання ресурсів безпосередньо впливає на загальну продуктивність корпоративної інфраструктури. За рахунок централізованого моніторингу та автоматизованих алгоритмів розподілу навантаження, віртуалізація сприяє більш точному використанню доступних процесорних потужностей, пам’яті і мережевого трафіку. Це дозволяє зменшити витрати не тільки на обслуговування апаратного забезпечення, а й на ліцензійні платежі, що часто розподіляються пропорційно використанню ресурсів. Таким чином, корпоративні структури отримують додаткову економічну вигоду завдяки зниженню операційних витрат, що позитивно впливає на загальну рентабельність бізнесу.

Сукупність економічних і організаційних переваг впровадження технологій віртуалізації дозволяє формувати більш стійкі та адаптивні IT-інфраструктури, що характеризуються високим рівнем відмовостійкості і гнучкістю. Підприємства, що вчасно інтегрують віртуалізацію у свої бізнес-процеси, можуть не лише реалізувати значну економію коштів на придбання та обслуговування серверного обладнання, а й швидко реагувати на мінливі маркетингові умови, забезпечуючи конкурентоспроможність на ринку. Впровадження даної технології сприяє швидкому запуску нових бізнес-сервісів, оптимізує процеси резервного копіювання та відновлення даних, а також створює основу для подальшої цифрової трансформації організації.

Отже, інтеграція віртуалізації серверів у бізнес-середовище дозволяє не лише скоротити капіталовкладення та операційні витрати, але й забезпечити високу адаптивність інфраструктури. Підприємства набувають можливості швидко масштабувати свої IT-ресурси, оптимізувати розподіл навантаження та впроваджувати сучасні технології управління, що в кінцевому результаті сприяє підвищенню конкурентоспроможності у цифрову епоху.

Моделювання, аналіз великих даних, високопродуктивні обчислення. Через стрімке зростання обсягів інформації та швидкоплинних технологічних змін наукова спільнота все частіше стикається з необхідністю розробки нових методів

для розв’язання комплексних задач. Зростаюча складність досліджуваних систем і процесів, від кліматичних моделей до біомедичних симуляцій, змушує вчених шукати ефективні способи аналізу даних, моделювання реалістичних сценаріїв та здійснення високопродуктивних розрахунків. Передові обчислювальні платформи сьогодні стають незамінними інструментами для інтеграції різноманітних методологій, що дозволяють забезпечити не тільки високу точність, а й оперативність отримання результатів.

Методологія моделювання, яка використовується в сучасних наукових дослідженнях, дає змогу створювати складні математичні та комп’ютерні симуляції, що враховують безліч змінних параметрів. Завдяки розподіленим системам обчислень дослідники можуть паралельно вирішувати численні підзадачі та інтегрувати результати окремих моделювань у єдину, цілісну картину досліджуваних процесів. Сучасні симуляційні середовища дозволяють відтворити явища з високою деталізацією – від потоків енергії в матеріалах до взаємодії клітинних структур у біологічних системах. Подібні технології стають основою для прийняття управлінських рішень у багатьох дисциплінах, адже вони надають можливість прогнозувати поведінку систем за умов змін навколишнього середовища.

Аналіз великих даних у поєднанні з методами машинного навчання відкриває нові можливості для виявлення прихованих закономірностей у різнотипних масивах інформації. Використання розподілених обчислювальних кластерів дає змогу обробляти терабайти структуруваних і неструктурованих даних за надзвичайно короткий час, що сприяє швидкому прийняттю рішень. У таких умовах платформи аналізу даних, як-от Hadoop та Spark, стають потужним інструментом для розкриття потенціалу цифрової інформації. Своєрідний прорив у здатності витягувати корисну інформацію з хаотичних даних дозволяє використовувати результати такого аналізу для оптимізації наукових, а також практичних інженерних процесів.

Високопродуктивні обчислення, як рушійна сила сучасних наукових досліджень, забезпечують обчислювальну базу для моделювання надскладних

систем за допомогою спеціалізованих алгоритмів і розподілених компонентів. Сучасні HPC-системи, які включають високопродуктивні процесори та графічні прискорювачі, дозволяють проводити паралельні обчислення, що значно скорочує час розрахунків і підвищує точність отриманих результатів. Такі можливості мають особливе значення для галузей, де навіть незначні похибки можуть мати серйозні наслідки, наприклад, у астрофізичних симуляціях чи при розробці нових матеріалів. Розгортання таких обчислювальних платформ сприяє створенню інтегрованих моделей, здатних враховувати численні впливові чинники та змінні, що характерні для сучасних наукових задач.

Крім цього, інтеграція результатів моделювання та аналізу великих даних у спільних дослідницьких проєктах створює передумови для міждисциплінарного підходу до вирішення складних проблем. Застосування високопродуктивних обчислень дозволяє об’єднувати дані з різних джерел – від супутникових спостережень до генетичних секвенцій – у єдині інформаційні моделі, що відкриває нові горизонти для розуміння природних та соціальних процесів. Цей синергізм між різними галузями спонукає до створення цілісних концепцій, спрямованих на підвищення якості дослідницьких результатів, а також стимулює появу нових методів аналізу та інноваційних підходів у вирішенні завдань складності.

Додатково, система інтегрованих обчислювальних ресурсів, що поєднує моделювання, обробку великих даних і HPC, грає вирішальну роль у сприянні науковим відкриттям. Інтерфейс між традиційними аналітичними методами та сучасними технологіями забезпечує комплексний підхід, який дозволяє не просто "розбити" задачу на окремі складові, а побудувати сукупну картину процесу, що максимально відображає його динаміку та складність. Забезпечення детальної симуляції та аналізу складних систем дозволяє робити науково обґрунтовані прогнозування, що свідчать про високий рівень зрілості застосовуваних технологій.

Синергія між моделюванням, аналізом великих даних і високопродуктивними обчисленнями відкриває широкі можливості для сучасних наукових досліджень. Якщо об'єднати ці напрямки, формується інтегрована

платформа, яка сприяє розробці нових наукових парадигм та створенню інноваційних рішень у багатьох галузях. Це дозволяє суттєво розширити діапазон аналітичних прийомів і забезпечити стабільний розвиток наукової думки, що в перспективі обґрунтовує подальшу еволюцію технологічних процесів у всьому суспільстві.

2. ІНФРАСТРУКТУРА ВІРТУАЛІЗОВАНИХ ОСВІТНІХ СЕРЕДОВИЩ

2.1 Хмарні платформи для освіти

Роль хмарних технологій у сучасному освітньому процесі. З розвитком цифрових технологій освітні установи дедалі більше інтегрують хмарні рішення у свою діяльність. Хмарні платформи стали ключовим інструментом для організації навчального процесу, адже вони забезпечують гнучкість, масштабованість та доступність освітніх матеріалів незалежно від фізичного розташування здобувачів освіти і викладачів.

Раніше навчання переважно зосереджувалося на традиційних методах викладання — лекціях у фізичних аудиторіях, друкованих підручниках, особистих зустрічах з викладачами. Проте стрімкий розвиток технологій та соціальні зміни, зокрема пандемія COVID-19, призвели до необхідності адаптації освітніх процесів. Заклади освіти почали активно використовувати цифрові платформи, що дозволяють проводити дистанційне навчання, автоматизувати перевірку завдань та контролювати успішність людей, що навчаються [28].

Хмарні технології створюють навчальне середовище, де всі необхідні ресурси доступні у будь-який момент: лекції, тести, практичні заняття та форуми для обговорення. Викладачі можуть оперативно додавати новий матеріал, коригувати умови завдань, організовувати інтерактивні дискусії чи навіть адаптувати навчання під потреби кожної людини, що навчається.

Основні функції хмарних платформ. Освітні хмарні середовища виконують низку важливих функцій [29]:

– управління навчальним контентом – навчальні матеріали централізовано зберігаються у хмарі, що дозволяє легко керувати ними, оновлювати та розподіляти серед здобувачів освіти;

– спрощене адміністрування – автоматизовані процеси, такі як оцінювання

робіт, контроль відвідуваності та надання доступу до навчальних курсів, значно зменшують навантаження на викладачів;

– гнучкість навчального процесу – здобувачі освіти можуть навчатися у зручний для них час і темп, використовуючи персоналізовані траєкторії навчання;

– інтерактивна взаємодія – форуми, чати, відеоконференції та онлайн-тести забезпечують активну комунікацію між учасниками навчального процесу;

– безпека та резервне копіювання – навчальні матеріали та результати навчання зберігаються на віддалених серверах, що мінімізує ризик втрати даних.

Переваги впровадження хмарних платформ у навчання. Однією з основних переваг хмарних освітніх середовищ є їх масштабованість – навчальні заклади можуть адаптувати кількість користувачів, розширювати курси та інтегрувати додаткові функції без потреби у значних фінансових інвестиціях.

Також важливим фактором є економічна ефективність у порівнянні з традиційними методами навчання, хмарні платформи дозволяють скоротити витрати на друк підручників, оренду приміщень та технічне обслуговування.

Автоматизація навчального процесу дозволяє зменшити навантаження на викладачів, а здобувачі освіти отримують доступ до матеріалів у будь-який час. Навчання стає більш адаптивним, а система контролю знань дозволяє аналізувати успішність здобувачів освіти і коригувати освітні програми.

Виклики та обмеження хмарних освітніх платформ. Попри очевидні переваги, впровадження хмарних платформ потребує вирішення низки питань. *Безпекові ризики* залишаються одним із головних викликів – оскільки навчальні дані зберігаються у хмарі, їх потрібно захищати від несанкціонованого доступу та кібератак [28].

Також важливим питанням є цифрова грамотність учасників навчального процесу – адаптація до роботи у хмарному середовищі потребує навчання, особливо для тих, хто не має достатнього досвіду роботи з онлайн-платформами.

Не менш значущим є питання стабільності інтернет-з’єднання – у регіонах з низькою якістю доступу до інтернету використання хмарних технологій може бути обмеженим або створювати труднощі у навчальному процесі.

Система управління навчанням (LMS) – це навчальний інструмент, створений для користувачів освіти для сприяння швидшому навчанню, з опціями аналізу даних для відстеження та покращення. Сучасна LMS забезпечує постійний зв'язок між викладачами та студентами, цілодобове навчання, миттєвий зворотний зв'язок та сповіщення. Вона пропонує гнучкість розміщення на сервері компанії або хмарної платформи, що надається програмною компанією [30].

Значення Google Classroom у сучасній освіті. Google Classroom (рис. 2.1) — це платформа, яка стала важливим елементом цифрового навчального процесу, спрощуючи управління освітніми курсами та інтегруючи інструменти для комунікації, оцінювання та взаємодії учасників навчального процесу. Її використання значно прискорило перехід до дистанційного та змішаного навчання, особливо в умовах глобальних соціальних і технічних змін.



Рисунок 2.1 – Логотип платформи Google Classroom

Ця система пропонує набір інструментів, що допомагають організувати навчальний процес максимально ефективно, забезпечуючи безперебійний доступ до освітніх матеріалів, інтеграцію з іншими цифровими платформами та автоматизацію адміністративних завдань.

Функціональні можливості Google Classroom:

– *управління курсами та навчальними матеріалами.* Викладачі можуть створювати цифрові навчальні курси, в межах яких вони мають можливість структурувати навчальний контент. Матеріали організовуються у вигляді лекцій, практичних завдань, презентацій, тестів та додаткових ресурсів;

– важливим аспектом є збереження файлів у хмарі за допомогою Google Drive, що дозволяє учасникам навчального процесу отримувати доступ до

потрібної інформації у будь-який момент;

– *автоматизація оцінювання та зворотний зв'язок.* Викладачі можуть створювати тестові завдання та використовувати інтегровані механізми перевірки відповідей. Платформа автоматично виставляє оцінки за тести, а в ручному режимі викладачі можуть коментувати роботи здобувачів освіти, давати індивідуальні рекомендації та спрямовувати на додаткові навчальні ресурси;

– *інтерактивна взаємодія між учасниками навчального процесу*. Комунікація в Google Classroom забезпечується кількома каналами: форуми, коментарі та повідомлення. Здобувачі освіти можуть обговорювати навчальні матеріали, задавати питання та отримувати відповіді у режимі реального часу. Додатково платформа підтримує Google Meet для відеозв'язку, що дозволяє проводити лекції, семінари та консультації у форматі живого спілкування;

– *гнучкість доступу*. Одна з найбільших переваг платформи — її доступність на різних пристроях. Google Classroom працює як на ПК, так і на мобільних пристроях, що дає змогу здобувачам освіти навчатися у будь-який зручний для них час. Також система адаптована для роботи з різними типами інтернет-з'єднання, що спрощує доступ до матеріалів навіть при обмежених технічних ресурсах;

– *безпека та контроль доступу*. Google Classroom забезпечує захист навчальних матеріалів, контроль доступу до курсів та можливість налаштування прав для учасників навчального процесу. Освітні установи можуть управляти доступом до навчального контенту, встановлюючи правила для перегляду матеріалів, виконання завдань та участі у дискусіях.

Попри широкі можливості платформи, її використання може бути обмежене залежністю від стабільного інтернет-з'єднання та базовими функціями, що не завжди відповідають потребам складних навчальних програм. Втім, Google Classroom залишається одним із ключових цифрових інструментів, що сприяє розвитку дистанційної освіти та підвищенню її ефективності [30].

Значення Moodle у світовій освіті. Moodle (рис. 2.2) — це одна з найпоширеніших платформ для управління навчанням (LMS), яка

використовується у навчальних закладах, корпоративних тренінгах та онлайн-курсах по всьому світу. Її популярність пояснюється відкритою архітектурою, гнучкістю налаштувань та можливістю адаптації під різні освітні моделі.



Рисунок 2.2 – Логотип платформи Moodle

На сьогодні Moodle має понад 400 мільйонів користувачів у всьому світі. Вона використовується у 2/3 закладів вищої освіти Європи та є домінуючою LMS-платформою у багатьох країнах. У 2018 році статистика показала, що використання Moodle перевищило сумарне використання всіх інших LMS-платформ.

Завдяки своїй відкритій структурі Moodle активно застосовується не лише у традиційних навчальних закладах, а й у корпоративному навчанні, професійній підготовці та навіть у міжнародних освітніх програмах.

Функціональні можливості Moodle:

– *структуроване управління курсами*. Moodle дозволяє створювати навчальні курси з чіткою логічною структурою, включаючи розділи, теми та окремі навчальні модулі. Викладачі можуть налаштовувати послідовність проходження матеріалів, встановлювати дедлайни для виконання завдань та додавати додаткові ресурси для кращого засвоєння інформації;

– *гнучкі інструменти для тестування та оцінювання*. Система підтримує різноманітні методи оцінювання: від автоматизованих тестів із вибором відповідей до відкритих завдань, які перевіряють викладачі. Moodle дозволяє налаштовувати шкалу оцінювання, застосовувати параметри проходження курсу та аналізувати результати навчання у форматі звітів;

– *інтерактивна комунікація між учасниками навчального процесу*. Moodle надає широкі можливості для обговорення навчальних матеріалів завдяки

форумам, чатам та можливості залишати коментарі до завдань. Це дозволяє здобувачам освіти ставити запитання, брати участь у дискусіях та отримувати зворотний зв'язок у режимі реального часу;

– *доступність та мобільність*. Moodle підтримує роботу на різних пристроях, включаючи мобільні телефони та планшети. Використання спеціального мобільного додатку дає змогу здобувачам освіти переглядати матеріали, проходити тести та спілкуватися з викладачами у зручному форматі, незалежно від місця перебування;

– *безпека та контроль доступу*. Викладачі та адміністратори можуть встановлювати рівні доступу до курсів, регулювати права користувачів та забезпечувати збереження навчальних даних. Moodle підтримує функцію резервного копіювання курсів, що дозволяє відновлювати матеріали у разі технічних збоїв.

Завдяки своїй глобальній популярності та гнучкості Moodle залишається одним із найефективніших рішень для організації освітнього процесу, забезпечуючи повний контроль над навчальним контентом та інтерактивним спілкуванням.

Різноманіття LMS-платформ (рис. 2.3). Окрім популярних платформ, таких як Google Classroom та Moodle, існує велика кількість інших LMS, які мають свої особливості та переваги. Наприклад, AcademyOcean, SkillzRun, LMS Collaborator та Kwiga пропонують розширені можливості для корпоративного навчання, включаючи автоматизацію онбордингу, оцінку компетенцій та інтеграцію з CRM-системами.

Системи управління навчанням (LMS) бувають різних типів, кожен з яких адаптований до конкретних освітніх потреб. Давайте розглянемо їх детальніше за допомогою порівняльного дослідження:

– система управління навчанням (LMS). Розроблена для навчальних закладів, система управління навчанням (LMS) для освіти спрощує доступ студентів та допомагає вчителям з оцінюванням та оцінюванням. Вона вимагає мінімальних технічних вимог, що робить її зручною як для студентів, так і для

викладачів у школах, коледжах та університетах;

– хмарна система управління навчанням (LMS). Містить модель сторонньої підписки. Обмежене налаштування, керована зовнішня інсталяція, моніторинг та оновлення. Гнучке ціноутворення та масштабовані плани зберігання.

– власно розміщена LMS. Ліцензований продукт з повним контролем над встановленням та налаштуванням. Підвищена безпека завдяки внутрішньому управлінню сервером. Регулярне резервне копіювання даних та ручне оновлення програмного забезпечення;

– приватна хмарна система управління навчанням. Об'єднує хмарні та самостійно розміщені функції. Безпечне приватне середовище без спільного використання ресурсів. Зовнішнє керування для встановлення, моніторингу та оновлень з прямим доступом для налаштування;

– SaaS LMS (програмне забезпечення як послуга). Поширена хмарна модель з регулярними безкоштовними оновленнями.Сторонні постачальники з налаштовуваними ціновими планами. Безкоштовні пробні версії та легка масштабованість, що підходить для різноманітних бізнес- та інституційних потреб;

– LMS з відкритим вихідним кодом. Потрібна спеціальна IT-команда для встановлення, налаштування та обслуговування. Без витрат на ліцензування, але передбачає ручні оновлення та постійну IT-підтримку. Розміщення на персональних серверах для контролю;

– корпоративна система управління навчанням (LMS). Адаптовано до потреб бізнесу, сприяє зростанню та навчанню співробітників. Підтримує біле маркування для персоналізованого програмного забезпечення. Ідеально підходить для навчання співробітників, партнерів та клієнтів, пропонуючи різноманітні бізнес-рішення.

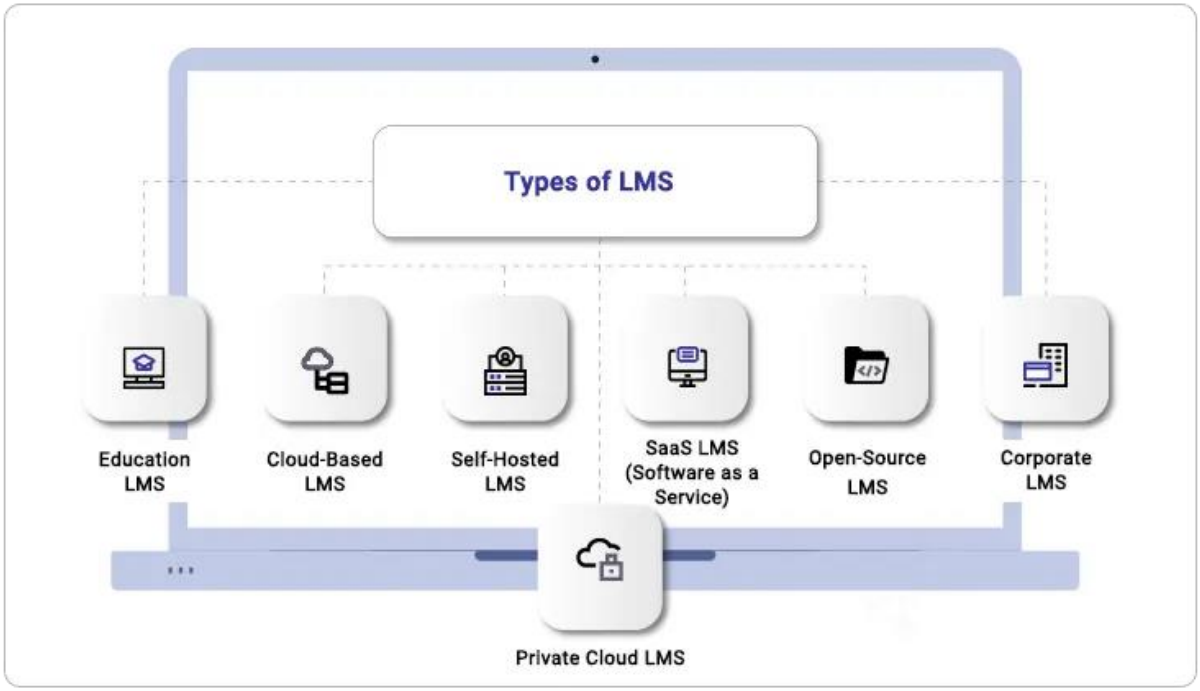


Рисунок 2.3 – Типи LMS

Приватні LMS, особливості та застосування. Приватні LMS — це спеціалізовані платформи, які розробляються для конкретних навчальних закладів або компаній. Вони можуть включати унікальні функції, такі як адаптивне навчання, аналітику успішності здобувачів освіти та інтеграцію з внутрішніми системами управління [26].

Основні характеристики приватних LMS:

– *гнучкість налаштувань* – можливість адаптації платформи під конкретні освітні потреби;

– *інтеграція з корпоративними системами* – підтримка CRM, HRM та інших бізнес-інструментів;

– *автоматизація навчального процесу* – розширені можливості для тестування, оцінювання та аналізу успішності;

– *безпека та контроль доступу* – захист даних та персоналізовані рівні доступу для користувачів.

Приватні LMS часто використовуються у великих компаніях для навчання співробітників, у спеціалізованих навчальних закладах та у міжнародних освітніх програмах. Вони дозволяють створювати унікальні навчальні середовища, які

відповідають конкретним вимогам організації.

Завдяки широкому вибору LMS-платформ навчальні заклади та компанії можуть обирати рішення, яке найкраще відповідає їхнім потребам та забезпечує ефективне управління навчальним процесом.

Переваги приватних LMS:

– *гнучкість та адаптація під конкретні потреби*. Приватні LMS розробляються з урахуванням специфічних вимог компанії або навчального закладу. Це означає, що платформа може включати унікальні функції, які повністю відповідають освітнім цілям організації. Наприклад, корпоративні LMS можуть інтегруватися з внутрішніми HR-системами, а академічні — з науковими базами даних та бібліотеками;

– *інтеграція з внутрішніми системами*. На відміну від загальнодоступних LMS, приватні платформи можуть бути повністю інтегровані з іншими корпоративними інструментами, такими як CRM, ERP або внутрішні аналітичні системи. Це дозволяє автоматизувати навчальний процес, синхронізувати дані про успішність людей, що навчаються, та покращити управління навчальними програмами;

– *розширені можливості безпеки*. Приватні LMS зазвичай мають більш гнучкі налаштування безпеки, що дозволяє організації контролювати доступ до навчальних матеріалів, встановлювати рівні прав користувачів та забезпечувати захист конфіденційних даних. Це особливо важливо для компаній, які працюють з чутливою інформацією або мають суворі вимоги до збереження даних;

– *персоналізований навчальний досвід*. Оскільки приватні LMS розробляються під конкретні потреби, вони можуть включати адаптивні навчальні механізми, які підлаштовуються під рівень знань користувача. Це дозволяє створювати персоналізовані траєкторії навчання, що підвищує ефективність засвоєння матеріалу.

Недоліки приватних LMS:

– висока вартість розробки та впровадження. Одним із головних недоліків приватних LMS є їхня вартість. Розробка платформи з нуля або її глибока

кастомізація потребує значних фінансових вкладень, включаючи витрати на програмування, тестування, підтримку та оновлення;

– тривалий процес впровадження. На відміну від загальнодоступних LMS, які можна використовувати одразу після реєстрації, приватні платформи потребують часу на розробку, тестування та інтеграцію з іншими системами. Це може затримати запуск навчальних програм та вимагати додаткових ресурсів для налаштування;

– необхідність технічного обслуговування. Приватні LMS потребують постійного технічного супроводу, включаючи оновлення програмного забезпечення, виправлення помилок та забезпечення стабільної роботи серверів. Це може вимагати додаткових витрат на IT-підтримку та адміністрування платформи;

– обмежена масштабованість. Загальнодоступні LMS, такі як Moodle або Google Classroom, розроблені для роботи з великою кількістю користувачів та мають готові рішення для масштабування. Приватні LMS можуть мати обмеження у цьому аспекті, оскільки їхня архітектура часто розрахована на конкретну кількість користувачів або певний тип навчального процесу.

Порівняння з загальнодоступними LMS. Загальнодоступні LMS, такі як Moodle, Google Classroom або Canvas, мають низку переваг, включаючи швидке впровадження, доступність та широку підтримку користувачів. Вони ідеально підходять для навчальних закладів, які не потребують глибокої кастомізації платформи.

Приватні LMS, у свою чергу, забезпечують повний контроль над навчальним процесом, дозволяють інтегрувати специфічні функції та гарантують високий рівень безпеки. Вони є оптимальним вибором для організацій, які мають унікальні освітні потреби та готові інвестувати у власну платформу.

Залежно від цілей навчання, організація може обрати загальнодоступну LMS для швидкого запуску навчального процесу або приватну LMS для створення глибоко персоналізованого освітнього середовища.

2.2 Модель LMS, адаптивні навчальні системи

Визначення та значення навчальних платформ. Освітні технології переживають стрімку трансформацію, і навчальні платформи відіграють ключову роль у цій еволюції. Вони поєднують цифрові інструменти управління курсами, автоматизацію навчальних процесів та гнучке адаптування навчального контенту до потреб здобувачів освіти.

Сучасні навчальні платформи працюють на основі *моделі LMS (Learning Management System),* яка забезпечує адміністративне управління навчальними матеріалами, тестами та даними учасників навчального процесу. Однак, традиційні LMS часто зосереджені на організаційних функціях, не приділяючи достатньої уваги персоналізації навчального процесу. Тому на зміну класичним підходам приходять *адаптивні навчальні системи (Intelligent Tutoring Systems, ITS),* які враховують рівень знань здобувачів освіти і налаштовують контент відповідно до їхніх потреб [30].

Комбінування LMS та ITS дозволяє створювати *інтелектуальні навчальні платформи (ILMS),* що об'єднують структуроване управління навчальним процесом із можливостями індивідуального адаптивного навчання. Завдяки цьому здобувачі освіти можуть отримувати персоналізовані рекомендації, а викладачі – аналізувати успішність у реальному часі.

Основні проблеми у сфері цифрової освіти. Попри значні досягнення в розвитку навчальних платформ, існує низка викликів, які потребують вирішення:

– *відсутність стандартизації даних*. Навчальні платформи часто мають власні унікальні формати для збереження курсів, тестів та матеріалів. Це створює проблеми при передачі даних між різними системами, оскільки контент у форматі однієї LMS може бути несумісним із іншими. Використання онтологічних моделей для узгодження стандартів могло б значно покращити ситуацію, дозволяючи навчальним платформам легко обмінюватися контентом та розширювати можливості адаптивного навчання;

– *обмежена взаємодія між LMS і адаптивними системами*. LMS надають потужні інструменти адміністрування, але мало уваги приділяють гнучкому підлаштуванню навчального процесу під рівень знань здобувачів освіти. ITS, навпаки, фокусуються на адаптивному навчанні, але не мають розвинених функцій управління курсами та тестування. Відсутність зв'язку між цими двома підходами створює розрив, що призводить до менш ефективного навчання;

– *недостатня інтеграція семантичних вебтехнологій*. Онтологічні моделі можуть значно покращити структуру навчального контенту, дозволяючи його автоматизовану класифікацію, пошук та персоналізоване налаштування. Однак багато освітніх платформ поки що не використовують ці можливості, обмежуючись базовими алгоритмами управління даними;

Перспективи розвитку навчальних платформ. Освітні установи та корпоративні тренінгові програми поступово переходять до інтелектуальних навчальних систем, які поєднують адміністративні функції LMS з адаптивними механізмами ITS. Впровадження *штучного інтелекту та машинного навчання* у навчальні платформи дозволяє покращити персоналізацію навчального процесу та підвищити ефективність засвоєння матеріалу.

Також важливим напрямком розвитку є інтеграція хмарних рішень у навчальні платформи, що дозволяє отримувати доступ до курсів у будь-якому місці та у будь-який час.

У найближчі роки все більше навчальних платформ будуть використовувати *семантичні технології,* що дозволять створювати структуровані, взаємопов'язані навчальні матеріали, які адаптуються до рівня знань осіб, що навчаються.

Таким чином, *поєднання LMS і ITS є ключовим напрямком розвитку цифрової освіти,* що дозволить зробити навчальний процес *більш персоналізованим, ефективним та доступним* для широкого кола користувачів [31].

Основні характеристики традиційних LMS:

– *централізоване управління контентом.* LMS дозволяють викладачам створювати та систематизувати навчальні матеріали – лекції, завдання, мультимедійний контент та тестові завдання. Управління контентом здійснюється

з єдиного інтерфейсу, що дозволяє легко оновлювати та розповсюджувати матеріали;

– *автоматизація оцінювання та тестування.* Вбудовані засоби тестування дозволяють створювати різноманітні завдання (з вибором відповіді, відкритими питаннями, інтерактивними вправами) і автоматично обчислювати результати здобувача освіти, що допомагає швидко визначати рівень засвоєння матеріалу;

– *звітування та аналітика.* За допомогою аналітичних модулів LMS збирають та аналізують дані про успішність здобувачів освіти. Ці дані використовуються для коригування навчальних планів та для відстеження прогресу як окремих осіб, так і груп;

– *масштабованість та інтеграція.* LMS побудовані за принципом вебсервісів, що дозволяє одночасно обслуговувати багатьох користувачів. Інтеграційні модулі забезпечують з'єднання з іншими інструментами – відеоконференціями, HR-системами або зовнішніми репозиторіями контенту;

– *безпека та контроль доступу.* Завдяки централізованому зберіганню даних у хмарних середовищах, LMS забезпечують високий рівень безпеки, можливість налаштування прав доступу та захист конфіденційної інформації користувачів.

Ключові функції LMS:

– *управління курсами.* Створення та модифікація курсів: викладачі за допомогою інтуїтивних інтерфейсів створюють курси, додають розділи та модулі, завантажують матеріали, встановлюють дедлайни та розподіляють завдання. Організація навчального контенту: LMS дозволяють структурувати матеріали у зрозумілі блоки (розділи, теми, уроки), що забезпечує кращу орієнтацію у курсі;

– *тестування та оцінювання.* Автоматизоване тестування: вбудовані механізми для створення та проведення тестів, які можуть автоматично оцінювати відповіді та надавати зворотний зв'язок. Модуль оцінювання: система дозволяє налаштовувати критерії оцінювання, зберігати результати та формувати аналітичні звіти для викладачів;

– *інтерактивність та комунікація.* Форуми та чати: учасникам освітнього

процесу доступні засоби для обговорення матеріалів, постановки запитань і отримання відповідей у режимі реального часу. Відеоконференції: інтеграція з сервісами для онлайн-занять дозволяє проводити лекції, семінари та консультації;

– *інтеграційні можливості.* API та вебсервіси: LMS часто мають відкриті API для інтеграції з іншими системами, що дозволяє об'єднувати освітні дані з корпоративними інформаційними системами або аналітичними інструментами. Мобільний доступ: сучасні платформи забезпечують адаптивність інтерфейсу для мобільних пристроїв, що дозволяє здобувачам освіти отримувати доступ до курсів у будь який час і з будь-якого місця.

Багаторівнева архітектура LMS зазвичай включає такі рівні (рис. 2.4):

– *клієнтський рівень (Presentation Layer).* Забезпечує вебінтерфейс або мобільний додаток, через який учасники навчального процесу взаємодіють із системою;

– *модуль логіки (Application / Service Layer).* Тут розміщуються ключові функції платформи: управління курсами, тестування, звітність, а також інтеграційні сервіси, API та засоби адаптації навчального контенту;

– *інтеграційний рівень (Integration Layer).* Забезпечує зв'язок між LMS та зовнішніми системами: відеоконференційними сервісами, корпоративними інформаційними системами, додатковими плагінами тощо;

– *база даних (Data Layer).* Зберігає навчальний контент, дані користувачів, результати оцінювання та історію взаємодії. Таке рішення часто розгортається у вигляді реляційної бази даних або хмарного сховища [31].

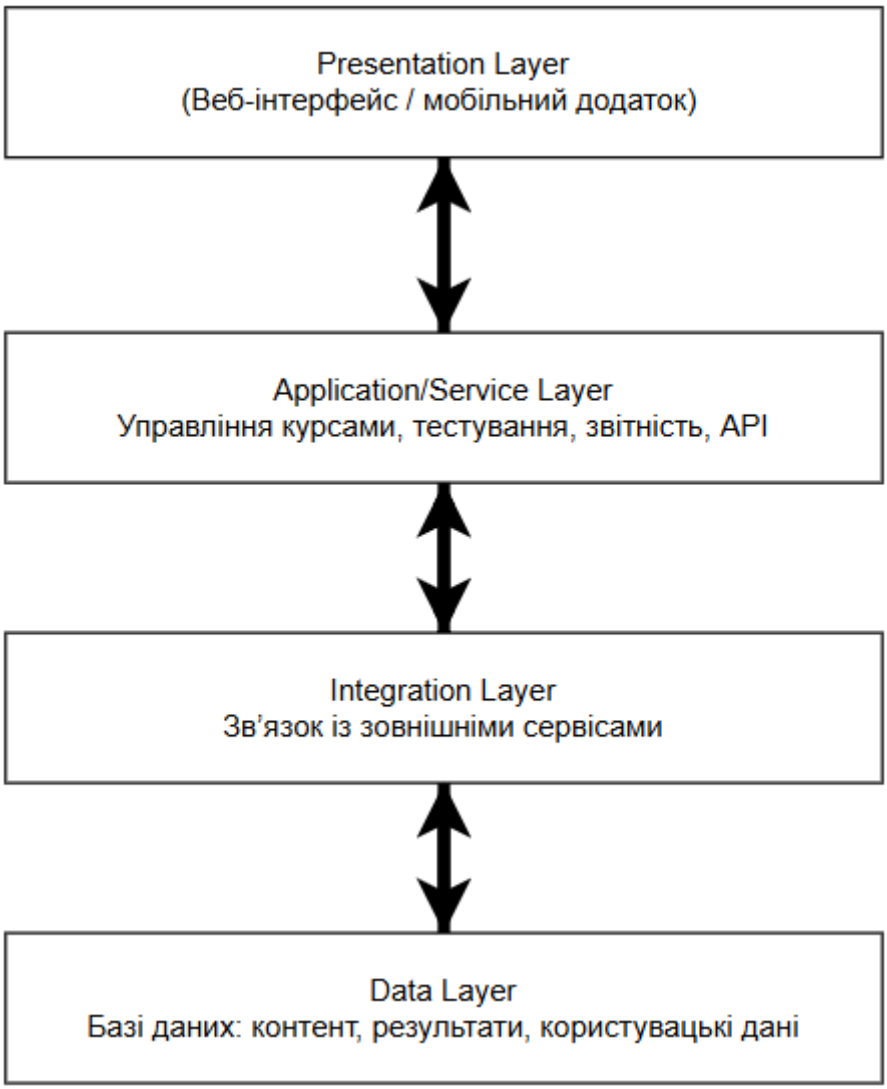


Рисунок 2.4 – Приклад спрощеної схеми типової архітектури LMS

Цей багаторівневий підхід дозволяє забезпечити масштабованість, ефективну інтеграцію з іншими системами та адаптивність освітнього процесу, що є ключовими вимогами сучасних LMS.

Традиційні LMS поєднують функції централізованого управління навчальним процесом, тестування та аналізу результатів навчального процесу, надаючи інтегроване рішення для організації онлайн-освіти. Популярні платформи як Moodle, Blackboard, Canvas і Google Classroom демонструють, як різні архітектурні підходи дозволяють задовольнити вимоги як академічних установ, так і корпоративних тренінгів. Використання модульних, веборієнтованих архітектур

та інтеграційних API забезпечує високий рівень гнучкості та масштабованості, створюючи умови для ефективної роботи та персоналізації навчання.

2.3 Мережева архітектура

Система контролю доступу повинна забезпечувати ефективне розмежування прав різних категорій користувачів – від адміністраторів та викладачів до користувачів освітнього середовища. Для досягнення цієї мети використовуються методології, що базуються на концепції управління доступом за ролями (RBAC) (рис. 2.5), але з додатковою інтеграцією контекстно-залежних та ситуаційних змін, дозволяючи системі адаптуватися до специфічних вимог сучасного цифрового навчання [32].

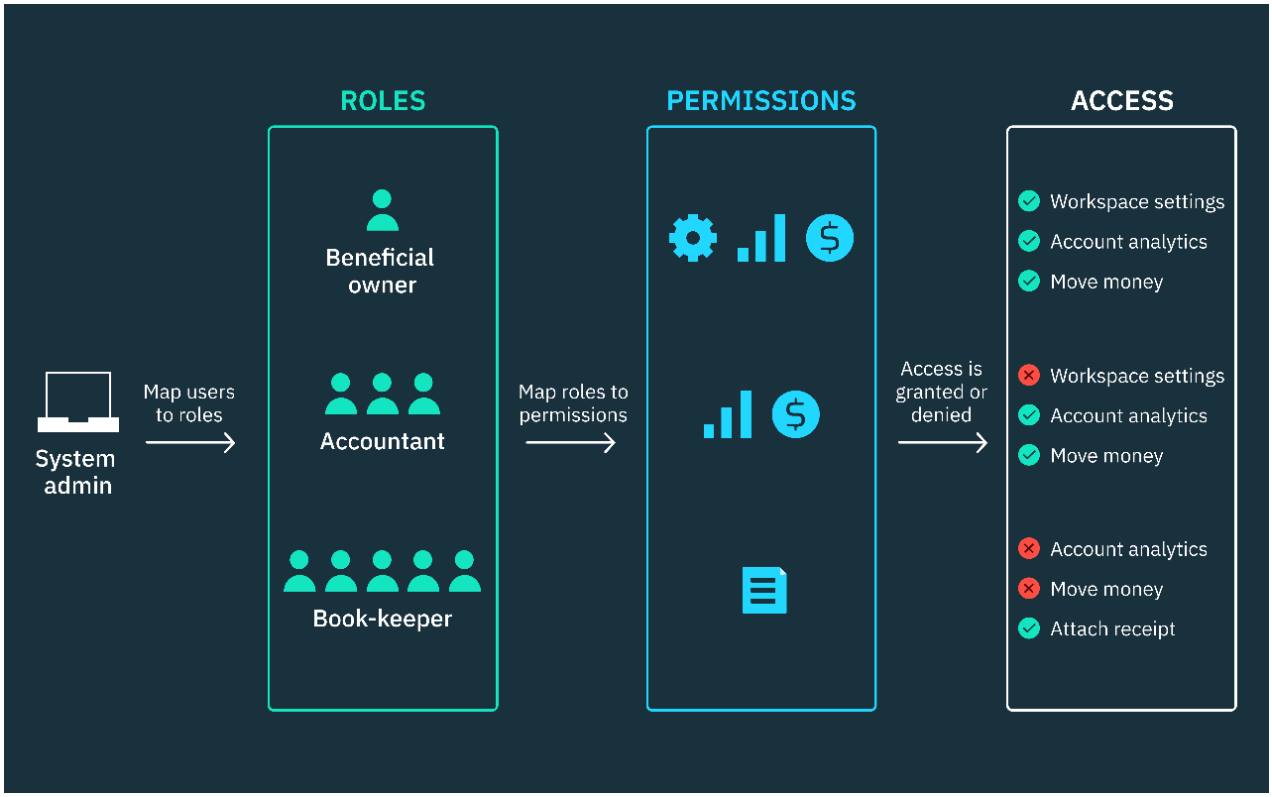


Рисунок 2.5 – Концепція RBAC

Одним із ключових аспектів такої архітектури є розробка багаторівневого механізму ієрархії, де кожен рівень визначає певний набір привілеїв та обов’язків.

На базі моделі RBAC можливо впровадити спадковість ролей, що дозволяє автоматично передавати права від вищих рівнів до нижчих. Наприклад, якщо керівництво навчального закладу має розширені повноваження, відповідні права можуть бути частково або повністю передані керівникам факультетів, а ті, у свою чергу, – відповідним групам викладацького складу. Подібна структура включає як централізований контроль, так і можливість децентралізованої модифікації, що дає змогу адаптувати систему до змін у навчальному процесі або організаційній структурі закладу.

Сучасні рішення з управління доступом інтегрують модулі багаторівневого контролю, які дозволяють впровадити не лише статичне присвоєння прав, але й динамічний розподіл привілеїв залежно від контекстних факторів. Серед таких факторів можна виділити тип завдання, місцеве положення користувача, особисті дані та параметри роботи системи в режимі реального часу. Впровадження цільового моніторингу дозволяє оперативно виявляти невідповідності у доступі та автоматично коригувати налаштування, що запобігає зловживанням або некоректному використанню ресурсів освітнього середовища [32].

Подібний підхід часто реалізується через інтеграцію централізованих систем управління ідентифікацією, наприклад, засобів аутентифікації LDAP чи Active Directory, та користувацьких порталів. Реєстри, засновані на єдиному джерелі даних, дозволяють здійснювати управління правами доступу в уніфікованій схемі, що мінімізує ризик розбіжностей та дублювання інформації. Водночас, розробка політик доступу здійснюється з урахуванням сучасних стандартів безпеки, де кожен користувач або група користувачів отримує доступ лише до тих даних, модулів чи лабораторних ресурсів, які відповідають їхнім робочим обов’язкам.

Особлива увага приділяється розробці гнучких політик контролю, що дозволяють адаптувати систему до змін організаційної структури або різних сценаріїв використання. Наприклад, при змінах у складі навчальних груп або під час проведення різних освітніх заходів система може автоматично коригувати права доступу за допомогою засобів центрального адміністрування та відповідних скриптів, реалізованих у вигляді правил бізнес-логіки. Цей механізм значно

спрощує процес адміністрування великих систем, дозволяючи адміністраторам зосередитися на стратегічних завданнях, а не на рутинних операціях з налаштування окремих користувачів.

Важливою складовою є також інтеграція контекстно-залежних політик, що співвідносять рівні доступу із специфічними умовами використання ресурсів. Серед таких умов можна виділити часові обмеження, місцеперебування або параметри підключення до мережі. Наприклад, деякі ресурси можуть бути доступні лише протягом встановленого робочого часу або з певних географічних локацій, що застосовується у випадках збільшення захищеності особливо важливих або секретних даних. Включення таких сезонних або регіональних змін дозволяє значно знизити ризики несанкціонованого доступу та покращити контроль над даними в умовах зростаючих викликів кібербезпеки у цифровій освіті.

Не менш актуальними є питання інтеграції політик доступу з сучасними платформами управління цифровими послугами. Використовуючи API та модульні підходи, освітні системи можуть синхронізувати свої політики з зовнішніми сервісами, такими як мобільні додатки, хмарні сховища чи інтерактивні освітні ресурси. Така інтеграція дозволяє створити безшовний користувацький досвід, де ідентифікація, автентифікація та авторизація здійснюються у режимі реального часу з урахуванням специфіки конкретного освітнього процесу.

Важливим аспектом є також забезпечення сумісності різних підсистем, що працюють у межах єдиного освітнього простору. Розробка універсальних інтерфейсів для обміну даними між різними рівнями системи дозволяє звести до мінімуму можливість розбіжностей у встановленні прав доступу. Це досягається шляхом застосування стандартизованих протоколів обміну даними та впровадження механізмів аудиту, які дозволяють відслідковувати всі зміни в налаштуваннях доступу та своєчасно реагувати на потенційні загрози або помилки.

Сучасні методики контролю доступу включають також аспекти самоадаптації системи, коли на основі аналізу поведінкових даних користувачів та історичних логів адміністрування може автоматично коригувати політики. Це забезпечує не лише підвищення безпеки, а й сприяє підвищенню ефективності

використання ресурсів, що є важливим у середовищах, де кожен користувач виконує свої освітні функції з різними вимогами до доступу.

Підсумовуючи, система ієрархії доступу та політик контролю в освітніх інформаційних системах повинна базуватися на моделі, що враховує як централізовані механізми управління, так і можливості динамічної адаптації до змін у вимогах користувачів та процесів навчання. Спільне використання розподіленого керування, модульних API для інтеграції з різноманітними зовнішніми сервісами, а також автоматизованих засобів моніторингу та аудиту створює основу для безпечного, ефективного та адаптивного системного управління. Це дозволяє не лише зберегти конфіденційність та цілісність освітніх даних, але й забезпечити безшовний доступ до ресурсів для всіх учасників освітнього процесу, що має особливе значення у сучасній епосі цифрової освіти.

У сучасній цифровій освіті безпечний віддалений доступ до ресурсів виступає одним із ключових чинників забезпечення безперервності навчального процесу, зокрема у системах дистанційного та змішаного навчання. Інноваційні VPN-рішення дозволяють створити захищені мережеві канали для передачі конфіденційної інформації між віддаленими користувачами, забезпечуючи як високу продуктивність системи, так і охорону даних від несанкціонованих втручань. Сучасні протоколи, такі як OpenVPN, WireGuard і SSL-VPN, інтегрують найновіші криптографічні алгоритми, що гарантують стійке шифрування даних під час їх передачі, а також ефективну автентифікацію користувачів [33].

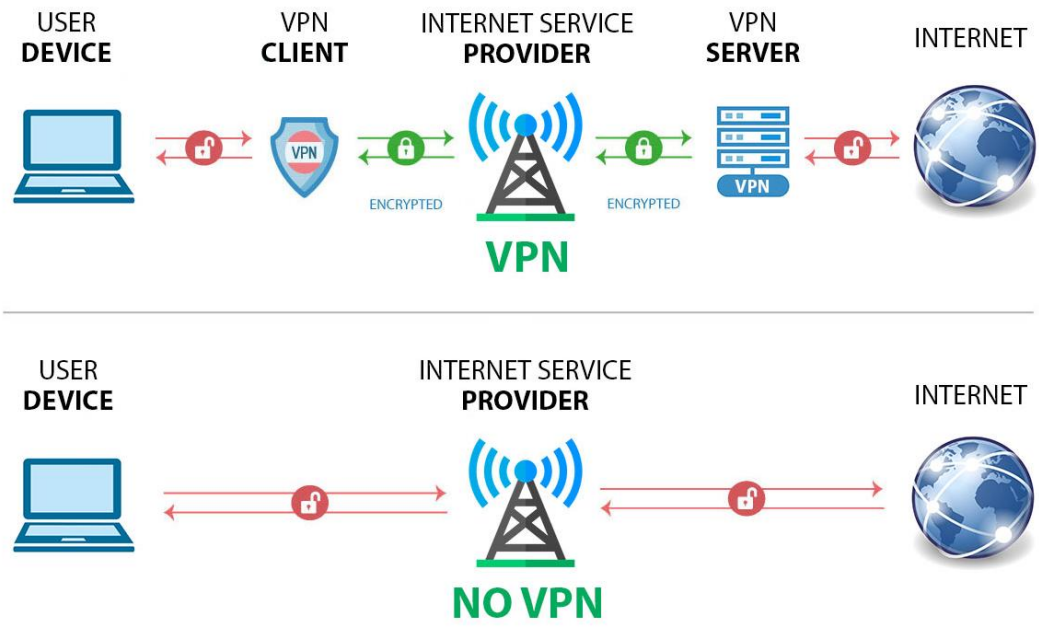


Рисунок 2.6 – Концепція VPN

Однією з основних характеристик сучасних VPN-технологій є використання передових стандартів шифрування, зокрема алгоритмів AES із великими розмірами ключа, що дозволяють створити надійний захисний бар'єр між освітніми установами та кінцевими користувачами. Протоколи, зокрема OpenVPN, широко використовують асиметричне шифрування в комбінації із симетричними методами, що сприяє зниженню накладних витрат при збереженні високого рівня безпеки. Популярність протоколу WireGuard обумовлена його компактністю, простотою конфігурації та здатністю адаптуватися до змін навантаження, що робить його ефективним не тільки для корпоративних, але й для освітніх середовищ. Сучасні рішення активно впроваджуються в університетах та школах, де забезпечено захищений віддалений доступ до ресурсів навчальних платформ, бібліотечних баз даних та спеціалізованого програмного забезпечення.

Крім базового рівня шифрування, у VPN-технологіях впроваджуються механізми багаторівневих систем автентифікації, які значно ускладнюють несанкціоноване втручання. Сучасні системи контролю доступу інтегрують двофакторну автентифікацію, біометричні методи та використання цифрових сертифікатів, що дозволяє забезпечити додатковий рівень захисту під час встановлення мережевого з’єднання. Такі підходи сприяють зниженню ризику

зловмисного доступу до освітніх ресурсів, а також відповідають жорстким вимогам нормативно-правових актів щодо захисту інформації, зокрема у контексті збереження цілих даних учасників освітнього процесу.

Одночасно з розширенням функціональних можливостей, сучасні VPN-рішення орієнтуються на інтеграцію в межах комплексних мережевих архітектур освітніх закладів із використанням адаптивної маршрутизації та централізованої обробки даних. Такий підхід дозволяє не лише оптимізувати розподіл навантаження між різними сегментами мережі, а й забезпечити високий рівень взаємодії між віддаленими підрозділами. Використання хмарних сервісів у комплексі з VPN-технологіями сприяє створенню інтегрованих рішень, де віртуальні мережі забезпечують швидкий і захищений доступ до освітніх ресурсів, незалежно від географічного розташування користувачів. Подібна конфігурація дозволяє забезпечити безперебійність роботи навчальних платформ, що є надзвичайно важливим для дистанційних освітніх програм.

Сучасні методи шифрування, що використовуються у VPN, включають і динамічне керування ключами, яке здійснюється у режимі реального часу. Це дозволяє оперативно оновлювати алгоритми безпеки відповідно до виявлених загроз, забезпечуючи постійне оновлення захисних механізмів. Впровадження протоколів, таких як TLS 1.3, у VPN-інфраструктуру освітніх установ дозволяє значно знизити час встановлення з’єднання та підвищити швидкість передачі даних, що неможливо досягти за допомогою традиційних методів шифрування. Крім того, постійний моніторинг та аудит мережевих з’єднань дозволяють виявляти потенційні вразливості та оперативно реагувати на них шляхом автоматизованих процедур, що зменшують людський фактор у процесі забезпечення кібербезпеки.

В освітніх середовищах важливе значення має й сумісність VPN-рішень з іншими компонентами мережевої інфраструктури, зокрема з системами управління контентом, електронними бібліотеками та інтерактивними навчальними платформами. Сучасні VPN-сервіси забезпечують безшовну інтеграцію з цими системами, створюючи захищене середовище для здійснення онлайн-курсів,

дистанційних практичних занять і спільного доступу до навчальних матеріалів. Інтелектуальні системи керування, які використовують API для інтеграції VPN-сервісів, сприяють зниженню кількості помилок і оптимізують роботу всієї освітньої мережі.

Загальна концепція сучасних VPN-технологій у контексті освіти полягає у створенні масштабованих, адаптивних та високозахищених мереж, здатних забезпечити безпечний обмін інформацією як між окремими користувачами, так і в межах великої освітньої організації. Завдяки інтеграції сучасних протоколів шифрування, комплексних методів автентифікації та ефективного управління ключами, віртуальні мережі стають потужним інструментом для захисту конфіденційної інформації та забезпечення безперебійного доступу до освітніх ресурсів. Відтак, впровадження таких рішень сприяє не тільки підвищенню кваліфікаційного рівня користувачів, а й створенню надійної платформи для розвитку інноваційних освітніх технологій у сучасних умовах кібербезпеки.

Обрання оптимальних VPN-рішень для освітніх установ відкриває широкі можливості для подальшої модернізації мережевої інфраструктури, що дозволяє впевнено долати виклики сучасного цифрового середовища та забезпечувати високошвидкісний доступ до інформаційних ресурсів. Використання сучасних криптографічних протоколів, автоматизованих систем моніторингу та інтегрованих підходів до управління мережею створює надійну основу, що сприяє не лише підвищенню безпеки, але й оптимізації вартості експлуатації освітніх онлайн-систем. Таким чином, сучасні технології VPN не просто є засобом забезпечення конфіденційності, а й складають важливу складову комплексної мережевої стратегії вищої якості навчального процесу в умовах постійного розвитку цифрових технологій.

В умовах стрімких змін у сфері цифрової освіти інтеграція хмарних обчислювальних сервісів набуває особливого значення в побудові гнучких та масштабованих мережевих архітектур. Сучасні хмарні рішення, які включають як публічні, так і приватні платформи, дозволяють створити адаптивну інфраструктуру для дистанційного навчання та наукових досліджень. Такий підхід

відкриває можливості для оптимізації використання обчислювальних ресурсів, забезпечення високої доступності даних та розподіленості навантаження між різними компонентами освітнього середовища.

Одним із важливих аспектів інтеграції є побудова гібридних моделей, що дозволяють поєднувати традиційні фізичні сервери з хмарними платформами. Ця стратегія забезпечує як збереження критично важливих даних на локальних ресурсах, так і використання масштабованості хмарних сервісів для обробки великих обсягів інформації. В освітньому контексті це знаходить застосування у створенні інтерактивних онлайн-курсів, лабораторій для моделювання реальних ситуацій та спільних проєктів, де безперебійний доступ до ресурсів має вирішальне значення. Крім того, гнучкість у розподілі обчислювальних потужностей дозволяє встановлювати оптимальні параметри роботи у випадках різких змін навантаження, що типово для дистанційного навчання під час пікових періодів.

Інтегровані хмарні сервіси сприяють також розгортанню віртуальних серверних середовищ, які характеризуються високою адаптивністю до потреб користувачів. Наприклад, використання таких платформ, як Microsoft Azure або Amazon Web Services, дозволяє освітнім установам швидко створювати тимчасові робочі середовища для проведення семінарів, тренінгів або наукових експериментів із забезпеченням максимальної мобільності та оперативного управління ресурсами. Моделі взаємодії між локальними дата-центрами та хмарними хостинг-платформами забезпечують централізований контроль за станом системи й сприяють оптимізації безперебійності освітніх сервісів. Слід також відзначити, що інтеграція з хмарними технологіями стимулює впровадження сучасних систем резервного копіювання та аварійного відновлення, що гарантує стабільність роботи всієї навчальної інфраструктури.

Розробка спеціалізованих інтерфейсів та API для обміну даними між традиційними серверами та хмарними платформами дозволяє формувати єдине інформаційне поле, в якому кожен компонент може безперешкодно виконувати свої функції. Така взаємодія сприяє не лише підвищенню ефективності використання ресурсів, а й розширенню можливостей для реалізації інноваційних

освітніх програм і дослідницьких проєктів. Незалежно від того, чи мова йде про створення онлайн-бібліотек, віртуальних класних кімнат або інтерактивних симуляторів, використання хмарних сервісів гарантує високу масштабованість і гнучкість, що є особливо актуальним у сучасному швидкозмінному освітньому середовищі.

Новітні технології управління мережевими ресурсами, зокрема Software-Defined Networking (SDN) (рис. 2.7), дозволяють значно модернізувати мережеву інфраструктуру освітніх закладів. Використання SDN відкриває можливості для централізованого контролю над мережею, забезпечуючи динамічну маршрутизацію, балансування навантаження та оперативну адаптацію системи до змін умов експлуатації. Цей підхід відрізняється високою гнучкістю управління, що дозволяє мережевим адміністраторам впроваджувати налаштування, які автоматично реагують на змінні параметри користування мережею [34].

Основою технології SDN є розділення контролю та передачі даних, що сприяє створенню централізованого контрольного рівня, де програмні додатки можуть керувати всіма пристроями мережі за допомогою уніфікованого API. Це дає можливість миттєво перегруповувати мережеві потоки, налаштовувати політики доступу та оперативно реагувати на несподівані перевантаження, що є надзвичайно важливим для забезпечення високої доступності освітніх ресурсів. Окрім того, динамічне управління мережевими потоками дозволяє оптимізувати використання каналів зв’язку, зменшуючи затримки та підвищуючи загальну продуктивність системи.

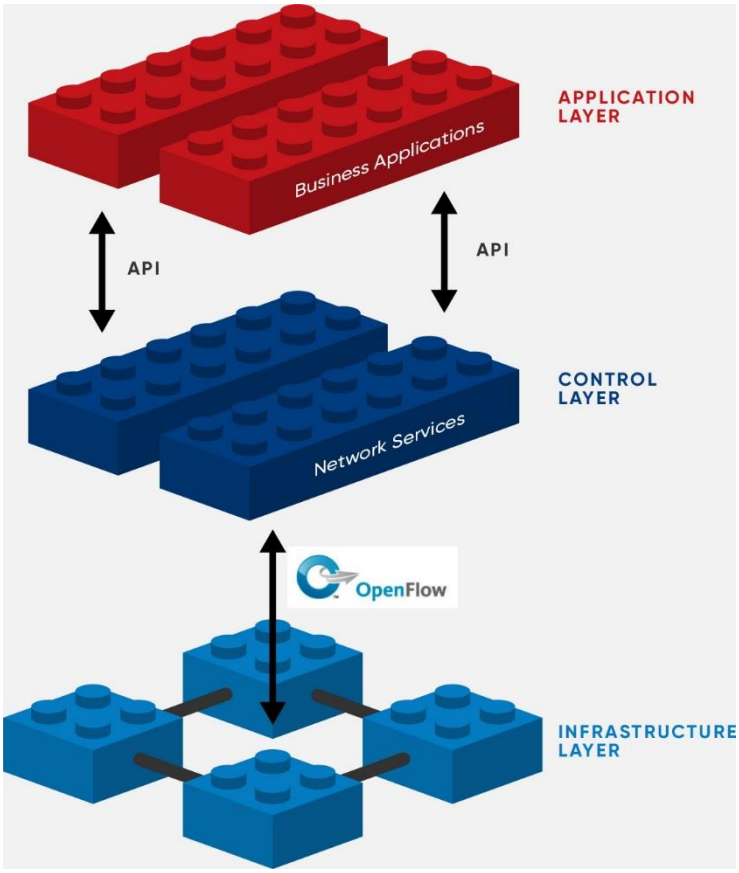


Рисунок 2.7 – Спрощена схема SDN

Впровадження SDN у віртуалізованих освітніх мережах також включає застосування технологій автоматизації управління. Завдяки використанню сценаріїв на основі програмних інтерфейсів, адміністратори мають можливість здійснювати тонке керування конфігураціями мережі у режимі реального часу. Автоматизовані сервіси дозволяють не лише виявляти аномалії у розподілі трафіку, а й прогнозувати майбутні зміни навантаження, що оперативно впроваджується у політики маршрутизації. Використання SDN сприяє також зниженню витрат на адміністрування через централізацію управління і зменшення залежності від традиційних ручних налаштувань.

Сучасні SDN-рішення знаходять своє застосування у багатьох освітніх установах, де потреба у швидкій адаптації до зміни умов експлуатації мережі є критичною. Наприклад, під час проведення масових дистанційних заходів або онлайн-екзаменів зростає навантаження на мережу, що вимагає миттєвої регуляції доступних ресурсів. Інтеграція SDN дозволяє оперативно переналаштовувати

мережеві маршрути з метою оптимізації роботи систем, що істотно покращує якість навчального процесу. Деякі навчальні заклади експериментально застосовують SDN для побудови гнучких мережевих архітектур, які здатні підтримувати роботу як окремих віддалених користувачів, так і комплексних групових проєктів, забезпечуючи інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для управління всією інфраструктурою.

Крім цього, автоматизація мережевих потоків через SDN сприяє створенню інтелектуальних систем моніторингу, що забезпечують детальний аналіз комунікаційних процесів. Використання алгоритмів прогнозування на основі зібраних даних дозволяє виявляти потенційні "вузькі місця" у мережі та заздалегідь вживати заходів для їх усунення. Такі інтегровані системи не тільки оптимізують поточну експлуатацію мережі, але й відкривають перспективи для впровадження інноваційних освітніх технологій, що покращують взаємодію між всіма учасниками освітнього процесу.

У підсумку, застосування SDN у сфері віртуалізованих освітніх мереж забезпечує не просто технічну модернізацію, а й фундаментально впливає на організацію та управління IT-ресурсами в умовах сучасної цифровізації навчання. Інтеграція централізованих систем управління, адаптивних алгоритмів маршрутизації та автоматизованих механізмів моніторингу створює сприятливі умови для підвищення стабільності, ефективності та безпеки освітньої інфраструктури. Цей підхід дозволяє швидко реагувати на змінні вимоги користувачів та забезпечує якісний, злагоджений доступ до ресурсів навчального процесу, сприяючи розвитку інноваційних освітніх сервісів у сучасному кіберпросторі [34].

3 РОЗГОРТАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ВІРТУАЛІЗОВАНИМИ ОСВІТНІМИ ПЛАТФОРМАМИ

3.1 Використання технологій віртуалізації в освітніх середовищах

Реалізація цифрових середовищ. Розгортання віртуалізованих середовищ у навчальних платформах дозволяє створити цифровий простір, який забезпечує безпечне та ізольоване середовище для практичних занять та експериментальних досліджень. Завдяки використанню таких технологій, як VMware, VirtualBox, Hyper-V та KVM, можливо організувати віртуальні лабораторії (рис. 3.1), що симулюють реальні класні кімнати. За допомогою цих рішень викладачі можуть створювати спеціалізовані серверні середовища, у яких практична робота здобувачів освіти відбувається в умовах, що максимально наближені до реальних експериментальних установок [28].

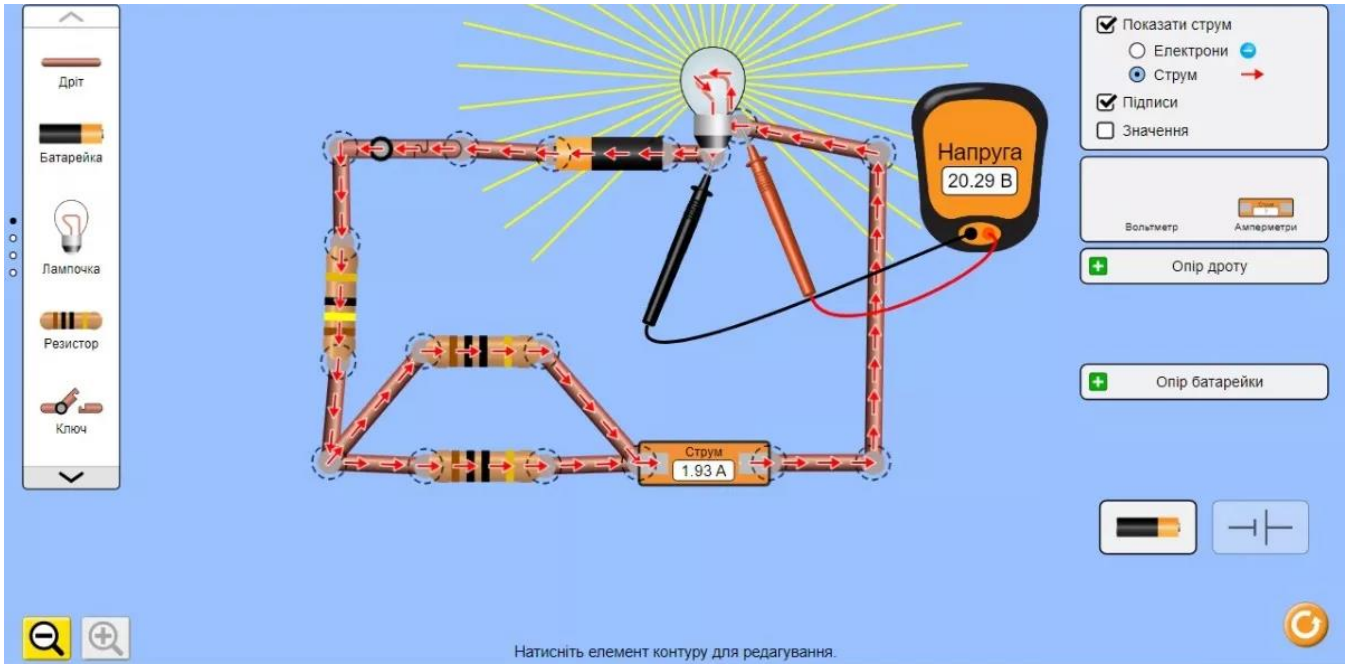


Рисунок 3.1 – Приклад віртуальної лабораторії в інтерактивному симуляторі PhET

Практична реалізація цифрових середовищ включає побудову віртуальних платформ, де окремі завдання можуть виконуватися у спеціально підготовлених образах. Такі образи налаштовуються відповідно до вимог конкретних дисциплін, забезпечуючи стандартизований набір програмного забезпечення й конфігурацію, що відповідає освітнім потребам. Система може бути попередньо сконфігурована для запуску програмного забезпечення для моделювання, тренажерів з програмування чи комп'ютерної графіки, що полегшує організацію практичних курсів і лабораторних робіт. Завдяки застосуванню технологій віртуалізації, відкривається можливість працювати з актуальними технологічними рішеннями без необхідності встановлення складних програм або зміни конфігурації власних комп'ютерів.

Важливим аспектом є також можливість швидкого відновлення з попередньо збережених станів систем, що дозволяє організувати циклічний процес навчання й експериментування. Кожен може повторно запустити робоче середовище після завершення практичної роботи, що значно спрощує викладання та знижує витрати часу на підготовку навчальних лабораторій. Використання віртуальних машин забезпечує прозорість і контроль над усім навчальним процесом, дозволяючи адміністраторам віддалено виконувати діагностику та оптимізацію систем без необхідності фізичного втручання в апаратне забезпечення.

Регулярна інтеграція технологій віртуалізації з освітніми сервісами забезпечує ефективну взаємодію створених цифрових середовищ із системами управління навчанням (LMS) та іншими електронними ресурсами [30]. Цей напрямок орієнтований на об'єднання в одному інформаційному полі як віртуальні сервери, так і доступ до централізованих баз даних, електронних бібліотек та платформ для проведення дистанційних курсів. Впровадження таких інтегрованих рішень дозволяє забезпечити безперебійний доступ до навчальної інформації та позакласного контенту незалежно від фізичного місцезнаходження.

Побудова взаємодії між віртуалізованими системами та LMS відбувається через налаштування API-інтерфейсів, які дозволяють автоматично синхронізувати дані про успішність, розклад занять, контрольні точки та результати занять. Це

сприяє створенню єдиного цифрового середовища для учасників навчального процесу, де оновлення інформації здійснюється в режимі реального часу. Крім того, технології віртуалізації допомагають адаптувати інтерфейси користувача до специфічних вимог дистанційного навчання, забезпечуючи зручну навігацію, гнучке управління доступом та швидку реорганізацію робочих процесів відповідно до поточних потреб освітнього закладу.

З іншого боку, інтеграція з електронними ресурсами стимулює розвиток інноваційних методик викладання. Наприклад, викладачі можуть використовувати спільні інтерактивні платформи для проведення онлайн-екзаменів або вебінарів, де віртуальні лабораторії можуть бути швидко розгорнуті та адаптовані для роботи в обмежених часових рамках. Завдяки цьому забезпечується більш ефективне використання педагогічних ресурсів і підвищується рівень залучення аудиторії до навчального процесу.

У підсумку, об'єднання технологій віртуалізації з інтегрованими освітніми сервісами дозволяє створити динамічну и адаптивну інфраструктуру, що відповідає сучасним вимогам у сфері цифрової освіти. Поєднання таких підходів дозволяє організовувати повноцінні навчальні платформи, що підтримують як традиційний, так і інноваційний підхід до навчання, сприяючи підвищенню якості освітнього процесу та розвитку сучасних педагогічних технологій.

3.2 Контейнеризація в освітніх платформах

Створення ізольованих середовищ за допомогою Docker. Контейнеризація стала ключовим елементом у розгортанні освітніх платформ, забезпечуючи ізольовані середовища для навчальних курсів та лабораторних робіт. Використання Docker дозволяє створювати стандартизовані образи, які містять необхідне програмне забезпечення та конфігурації для конкретних дисциплін. Це значно спрощує процес підготовки навчальних матеріалів, оскільки викладачі можуть

розгортати однакові середовища для всіх здобувачів освіти, гарантуючи однакові умови виконання завдань.

Розробка контейнерних образів для вузькопрофільних курсів передбачає попереднє налаштування операційної системи, встановлення необхідних бібліотек та програмного забезпечення, а також визначення параметрів доступу. Наприклад, для курсів з програмування можна створити контейнер, що містить компілятори, середовища розробки та тестові фреймворки, що дозволяє працювати у стабільному та передбачуваному середовищі.

Docker Hub відіграє важливу роль у стандартизації освітнього програмного забезпечення, оскільки дозволяє зберігати та поширювати готові образи серед навчальних закладів. Це дає змогу викладачам швидко розгортати необхідні середовища без потреби у складних налаштуваннях, а здобувачам освіти – отримувати доступ до однакових конфігурацій незалежно від їхнього пристрою чи операційної системи. Крім того, використання централізованого репозиторію сприяє оновленню навчальних матеріалів, дозволяючи легко впроваджувати нові версії програмного забезпечення без необхідності ручного встановлення на кожному робочому місці.

Оркестрація та масштабування з Kubernetes. Зі зростанням кількості учасників навчального процесу та навчальних курсів виникає потреба у масштабованих рішеннях для управління контейнеризованими середовищами. Kubernetes забезпечує автоматичне керування кластерами контейнерів, що дозволяє підтримувати високу доступність навчальних платформ та ефективно розподіляти ресурси [6].

Однією з ключових переваг Kubernetes є можливість динамічного масштабування, що особливо важливо для онлайн-курсів та інтерактивних лабораторій. Наприклад, під час проведення масових тестувань або вебінарів система може автоматично збільшувати кількість доступних контейнерів, забезпечуючи стабільну роботу платформи навіть при значному навантаженні. Це дозволяє уникнути проблем із продуктивністю та гарантує безперебійний доступ до навчальних матеріалів.

Балансування навантаження є ще одним важливим аспектом використання Kubernetes у навчальних системах. Завдяки механізмам автоматичного розподілу запитів між контейнерами платформа може ефективно використовувати доступні ресурси, мінімізуючи затримки та підвищуючи швидкість обробки даних. Це особливо актуально для курсів, що передбачають виконання складних обчислень або роботу з великими обсягами інформації.

Крім того, Kubernetes спрощує процес оновлення навчальних платформ, дозволяючи викладачам впроваджувати нові версії програмного забезпечення без переривання роботи здобувачів освіти. Завдяки механізмам безперервного розгортання можна поступово оновлювати контейнери, забезпечуючи плавний перехід між версіями та знижуючи ризик виникнення технічних проблем.

Таким чином, використання Docker та Kubernetes у навчальних платформах сприяє створенню гнучких, масштабованих та ефективних освітніх середовищ, що відповідають сучасним вимогам цифрової освіти. Контейнеризація дозволяє стандартизувати навчальні матеріали, а оркестрація забезпечує стабільність та продуктивність системи, що робить ці технології незамінними у процесі розгортання та управління освітніми платформами.

3.3 Практичні аспекти розгортання та підтримки навчальних платформ

Аналіз потреб та планування. На початковому етапі впровадження цифрових освітніх платформ необхідно провести ґрунтовний аналіз вимог, що базується на специфіці роботи навчального закладу. Слід визначити критичні параметри: обсяг користувацького трафіку, тип використовуваних додатків, вимоги до інтерактивності та реактивності системи. Аналіз передбачає виявлення апаратних обмежень, розрахунок ресурсів для забезпечення оптимальної роботи платформ, а також оцінку програмних компонентів, що забезпечують безперебійну роботу освітніх сервісів.

Інтегроване планування включає розробку технічного завдання, орієнтованого саме на цифрову освіту. Такий документ повинен відображати вимоги до інтеграції з існуючими системами управління навчанням (LMS), обліковими системами та електронними бібліотеками. Важливим завданням є розробка сценаріїв використання ізольованих середовищ для практичних занять, організація набору тестів для контролю знань, а також моделювання пікових навантажень у режимі дистанційного навчання. Ретельне планування дозволяє не лише точно визначити поточний стан інфраструктури, а й закласти підвалини для подальшого масштабування та інтеграції інноваційних технологій.

Реалізація розгортання та централізоване управління. Впровадження цифрових навчальних платформ відбувається у кілька послідовних етапів, які охоплюють встановлення необхідного програмного забезпечення, первинну конфігурацію серверних компонентів та інтеграцію з зовнішніми системами. На цьому етапі важливо врахувати як методи розгортання операційної системи, так і специфічні вимоги до програмних модулів для підтримки онлайн-занять і практичних лабораторій [35].

Застосування централізованих інструментів управління дозволяє оптимізувати адміністрування платформ. Сучасні системи моніторингу, які збирають статистичні дані про продуктивність та використання ресурсів, сприяють оперативному виявленню збоїв або перевантажень. Налагодження процесів автоматизованого оновлення програмного забезпечення, резервного копіювання і відновлення даних забезпечує високий рівень стабільності роботи, зменшуючи людський фактор при підтримці інфраструктури. Впровадження інтегрованих засобів діагностики допомагає швидко локалізувати проблемні ділянки та вчасно проводити їх корекцію. Чітко визначені процедури управління дозволяють централізовано керувати як ресурсами, так і доступом, що сприяє динамічному розподілу навантаження та адаптації платформи до змін у користувацькому середовищі.

Важливим елементом є розробка алгоритмів симультанного моніторингу та резервування навчальних сервісів, що гарантує безперебійність роботи навіть при

виникненні технічних несправностей. Центральний пункт управління, що базується на сучасних технологіях автоматизації, дозволяє віддалено здійснювати оновлення та корекцію параметрів системи, що підвищує оперативність реагування на виникаючі проблеми.

Практичні кейси та перспективи розвитку. На практиці впровадження цифрових навчальних платформ зустрічає ряд специфічних викликів, що потребують комплексних рішень. Аналіз реальних випадків демонструє, що успішне розгортання платформ забезпечує не лише поліпшення доступу до освітніх матеріалів, а й сприяє інтеграції сучасних педагогічних технологій. Наприклад, в окремих університетах розгорнуто адаптивні системи, які здатні автоматично регулювати обчислювальні потужності під час пікових навантажень у режимі онлайн-занять або масових тестувань. Такі проєкти підтверджують, що правильне планування та інтегрований підхід до управління інфраструктурою дозволяють знизити витрати на експлуатацію і сучасної освіти [26].

Аналіз кейсів показує, що ключовими факторями успіху є гнучкість платформи, її здатність до інтеграції з іншими інформаційними системами, а також можливість оперативного оновлення компонентів. Основні виклики, з якими стикалися заклади, включають оптимізацію мережевої інфраструктури при великих навантаженнях, забезпечення безпеки даних користувачів та адаптацію програмних комплексів до різних типів пристроїв. Подолання цих труднощів, як правило, здійснюється за допомогою впровадження додаткових ресурсів автоматизації, розробки політик безпеки та використання високопродуктивних серверів, що підтримують масштабованість систем.

Подальший розвиток цифрових освітніх платформ передбачає інтеграцію інноваційних технологій, таких як штучний інтелект для аналітики та автоматичного управління ресурсами, а також розширену аналітику для прогнозування змін користувацької активності. Сучасні IT-рішення спрямовані на створення інтерактивних освітніх середовищ, у яких кожен елемент системи може бути адаптований до індивідуальних потреб учасників освітнього процесу. Інноваційні підходи дозволяють перетворити традиційну освіту на цілісний

цифровий простір, що працює у режимі реального часу та реагує на зміни в умовах ринку освіти.

Оцінка практичного досвіду впровадження демонструє, що системний підхід до розгортання цифрових платформ не тільки покращує якість навчального процесу, але й створює можливості для подальшого розвитку інтерактивних сервісів. Сучасні технології дозволяють скорочувати витрати на підтримку, автоматизувати рутинні процеси і гарантувати високий рівень доступності і продуктивності навчальних ресурсів. Рекомендації щодо подальшої модернізації базуються на інтеграції новітніх технологій управління, що сприяє перетворенню освітнього середовища на динамічну та інноваційну систему.

Таким чином, практика розгортання та підтримки цифрових навчальних платформ базується на детальному аналізі вимог, чітко структурованому плануванні і побудові інтегрованої інфраструктури, здатної оперативно адаптуватися до змін у користувацькому середовищі. Отриманий досвід дозволяє розробляти рекомендації для подальшого впровадження інноваційних технологій, що сприятимуть підвищенню якості та доступності сучасної освіти.

ВИСНОВКИ

Віртуалізовані освітні платформи змінюють підхід до організації навчальних процесів, забезпечуючи гнучке та масштабоване середовище для викладання та практичної роботи. Використання технологій віртуалізації дозволяє усунути залежність від фізичної інфраструктури, зменшуючи витрати на обладнання та обслуговування навчальних систем.

Застосування VMware, VirtualBox, Hyper-V та KVM створює оптимальні умови для розгортання віртуальних лабораторій, моделювання процесів і тестування програмного забезпечення без потреби у великій кількості фізичних машин. Це дає можливість стандартизувати освітні ресурси та забезпечити рівний доступ до навчальних матеріалів для всіх здобувачів освіти. Віртуалізація також сприяє підвищенню безпеки, адже кожне середовище може бути ізольованим, що мінімізує ризики системних збоїв та несанкціонованого доступу.

Контейнеризація за допомогою Docker та Kubernetes значно розширює можливості розгортання навчальних середовищ. Створення попередньо налаштованих контейнерних образів дозволяє швидко надавати здобувачам освіти доступ до інструментів для практичних занять, експериментів або тестування нових технологій. Автоматизоване масштабування контейнерів та балансування навантаження сприяють стабільній роботі онлайн-курсів та лабораторій, особливо під час масового доступу.

Запуск віртуалізованих освітніх платформ потребує детального планування та аналізу вимог навчального процесу. Важливо правильно розподілити апаратні ресурси, оцінити необхідні обчислювальні потужності та забезпечити сумісність із навчальними системами. Використання засобів централізованого управління, моніторингу продуктивності та автоматизованого резервного копіювання забезпечує безперебійність роботи та швидке реагування на технічні несправності.

Сучасні технології дозволяють інтегрувати віртуалізовані навчальні середовища з LMS-платформами, електронними бібліотеками та тестовими

системами. Це дає змогу викладачам автоматизувати процеси викладання та тестування, знижуючи адміністративне навантаження та підвищуючи ефективність навчання.

Віртуалізація освітніх платформ відкриває нові можливості для впровадження інноваційних технологій. Інтеграція штучного інтелекту дозволить створювати адаптивні навчальні середовища, що підлаштовуються під рівень знань. Використання розширеної аналітики допоможе прогнозувати ефективність навчальних програм та вчасно коригувати їх зміст.

Подальше вдосконалення підходів до розгортання навчальних платформ сприятиме масштабуванню дистанційної освіти та забезпечить доступ до якісних освітніх ресурсів незалежно від місця проживання учасника навчального процесу. Технологічні рішення, засновані на віртуалізації та контейнеризації, закладають фундамент для сталого розвитку цифрової освіти, підвищуючи її ефективність та доступність.

Підсумовуючи, використання віртуалізованих освітніх середовищ змінює традиційні підходи до навчання, створюючи цифрову екосистему, що забезпечує максимальну адаптивність, безпеку та зручність управління навчальними процесами. Впровадження цих технологій у навчальні заклади сприяє якісному вдосконаленню методик викладання, оптимізації ресурсів та розширенню можливостей для учасників освітнього процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. IBM. *Time-sharing* [Електронний ресурс]. IBM History. URL: https://www.ibm.com/history/time-sharing (дата звернення: 27.05.2025).
2. IBM. The IBM System/370 [Електронний ресурс]. IBM History. URL: https://www.ibm.com/history/system-370 (дата звернення: 27.05.2025).
3. IBM. What Is VMware? [Електронний ресурс]. IBM Think. URL: https://www.ibm.com/think/topics/vmware (дата звернення: 27.05.2025).
4. Amazon Web Services. About AWS [Електронний ресурс]. AWS. URL: https://aws.amazon.com/about-aws/ (дата звернення: 27.05.2025).
5. Docker. What is a Container? [Електронний ресурс]. Docker. URL: https://www.docker.com/resources/what-container/ (дата звернення: 27.05.2025).
6. IBM. The History of Kubernetes [Електронний ресурс]. IBM Think. URL: https://www.ibm.com/think/topics/kubernetes-history (дата звернення: 27.05.2025).
7. TechTarget. What is a Virtual Machine? [Електронний ресурс]. TechTarget. URL: https://www.techtarget.com/searchitoperations/definition/virtual-machine-VM (дата звернення: 27.05.2025).
8. RackBank. Hardware Virtualization - The New Trend in the Industry of Servers [Електронний ресурс]. RackBank. URL: https://www.rackbank.com/blog/hardware-virtualization-new-trend-industry-servers/ (дата звернення: 27.05.2025).
9. V2 Cloud. What is Software Virtualization? [Електронний ресурс]. V2 Cloud. URL: https://v2cloud.com/blog/what-is-software-virtualization (дата звернення: 27.05.2025).
10. VMware. What is Network Virtualization? [Електронний ресурс]. VMware. URL: https://www.vmware.com/topics/network-virtualization (дата звернення: 27.05.2025

11. Park Place Technologies. Traditional Data Center vs. Virtualization - Differences and Benefits [Електронний ресурс]. Park Place Technologies. URL: https://www.parkplacetechnologies.com/blog/traditional-data-center-vs-virtualization-differences/ (дата звернення: 27.05.2025).

12. StorMagic. All About Hypervisors: ESXi vs Hyper-V, XenServer, Proxmox, KVM, & AHV [Електронний ресурс]. StorMagic. URL: https://stormagic.com/company/blog/all-about-hypervisors-esxi-vs-hyper-v-xenserver-proxmox-kvm-ahv/ (дата звернення: 27.05.2025).

13. VirtualG. The History of VMware ESXi (2001 to 2025) [Електронний ресурс]. VirtualG. URL: https://virtualg.uk/the-history-of-vmware-esxi-2001-to-2025/ (дата звернення: 27.05.2025).

14. Microsoft. Hyper-V Overview [Електронний ресурс]. Microsoft Learn. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/virtualization/hyper-v/hyper-v-overview?pivots=windows (дата звернення: 27.05.2025).

15. AWS. What is KVM? [Електронний ресурс]. AWS. URL: https://aws.amazon.com/what-is/kvm/?nc1=h_ls (дата звернення: 27.05.2025).

16. Ubuntu. Libvirt Virtualization [Електронний ресурс]. Ubuntu Server Documentation. URL: https://documentation.ubuntu.com/server/how-to/virtualisation/libvirt/index.html (дата звернення: 27.05.2025).

17. Udomsak. Minimalist KVM Management WebUI with Kimchi Project [Електронний ресурс]. Medium. URL: https://medium.com/@udomsak/minimalist-with-kvm-management-webui-with-kimchi-project-1450b06bb02c (дата звернення: 27.05.2025).

18. GNOME. Boxes - Virtualization Made Simple [Електронний ресурс]. GNOME Apps. URL: https://apps.gnome.org/uk/Boxes/ (дата звернення: 27.05.2025).

19. Kofler M. Controlling Virtual Machines with VNC and Spice [Електронний ресурс]. ADMIN Magazine. URL: https://www.admin-magazine.com/Archive/2013/13/Controlling-virtual-machines-with-VNC-and-Spice (дата звернення: 27.05.2025)

20. Atlassian. Kubernetes vs. Docker [Електронний ресурс]. Atlassian. URL: https://www.atlassian.com/microservices/microservices-architecture/kubernetes-vs-docker (дата звернення: 27.05.2025).

21. NURE. Open Archive Content [Електронний ресурс]. OpenArchive NURE. URL: https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/6bfae149-047f-42a6-ae16-bcc0ed352fb7/content (дата звернення: 27.05.2025).

22. Franklin Fitch. Enhancing Security Through Virtualization Technology [Електронний ресурс]. Franklin Fitch Blog. URL: https://www.franklinfitch.com/uk/resources/blog/enhancing-security-through-virtualization-technology/ (дата звернення: 27.05.2025).

23. IBM. What is Virtualization? [Електронний ресурс]. IBM Think. URL: https://www.ibm.com/think/topics/virtualization (дата звернення: 27.05.2025).

24. Microsoft Azure. Azure Lab Services [Електронний ресурс]. Microsoft Azure. URL: https://azure.microsoft.com/en-us/products/lab-services (дата звернення: 27.05.2025).

25. Cisco. Cisco Packet Tracer [Електронний ресурс]. NetAcad. URL: https://www.netacad.com/cisco-packet-tracer (дата звернення: 27.05.2025).

26. SendPulse. Що таке LMS та як підібрати собі LMS-систему [Електронний ресурс]. SendPulse Blog. URL: https://sendpulse.ua/blog/learning-management-system (дата звернення: 27.05.2025).

27. ENERGY STAR. Virtualize Servers [Електронний ресурс]. ENERGY STAR. URL: https://www.energystar.gov/products/data_center_equipment/5-simple-ways-avoid-energy-waste-your-data-center/virtualize-servers (дата звернення: 27.05.2025).

28. Салієнко А. А., Бученко І. А. Впровадження віртуалізованих середовищ у дистанційне навчання. Застосування програмного забезпечення в ІКТ : VI Всеукр. науково-техн. конф., м. Київ, 24 квіт. 2025 р. Київ, 2025. С. 466–468. URL: https://duikt.edu.ua/uploads/p_2779_56719466.pdf.

29. EDIN. Що таке хмарні технології і навіщо вони потрібні? [Електронний ресурс]. EDIN. URL: https://edin.ua/shho-take-xmarni-texnologi%D1%97-i-navishho-voni-potribni/ (дата звернення: 27.05.2025).

30. Creatrix Campus. Ultimate Guide to Learning Management System Software [Електронний ресурс]. Creatrix Campus. URL: https://www.creatrixcampus.com/blog/learning-management-system-software (дата звернення: 27.05.2025).

31. ResearchGate. The LMS Architecture [Електронний ресурс]. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/The-LMS-Architecture_fig1_228423763 (дата звернення: 27.05.2025).

32. The Learning OS. Role-Based Access Control in LMS: A Comprehensive Guide [Електронний ресурс]. The Learning OS. URL: https://www.thelearningos.com/enterprise-knowledge/role-based-access-control-in-lms-a-comprehensive-guide (дата звернення: 27.05.2025).

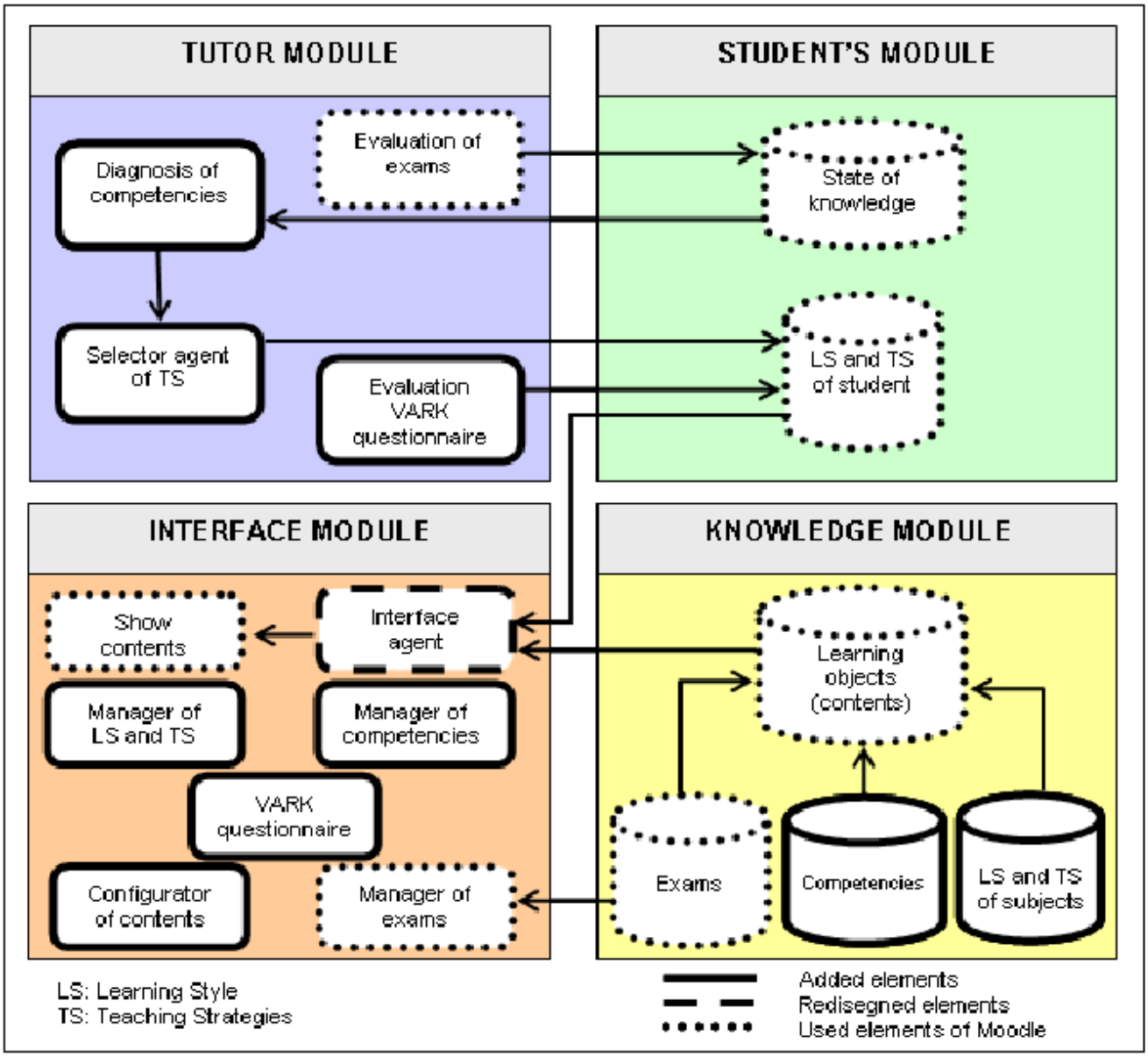
33. Surfshark. WireGuard vs. OpenVPN: What's the Difference? [Електронний ресурс]. Surfshark. URL: https://surfshark.com/blog/wireguard-vs-openvpn (дата звернення: 27.05.2025).

34. VMware. What is Software-Defined Networking (SDN)? [Електронний ресурс]. VMware. URL: https://www.vmware.com/topics/software-defined-networking (дата звернення: 27.05.2025).

35. ResearchGate. Architecture of an Intelligent Learning Management System [Електронний ресурс]. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-an-Intelligent-Learning-Management-System_fig1_270904751 (дата звернення: 27.05.2025).

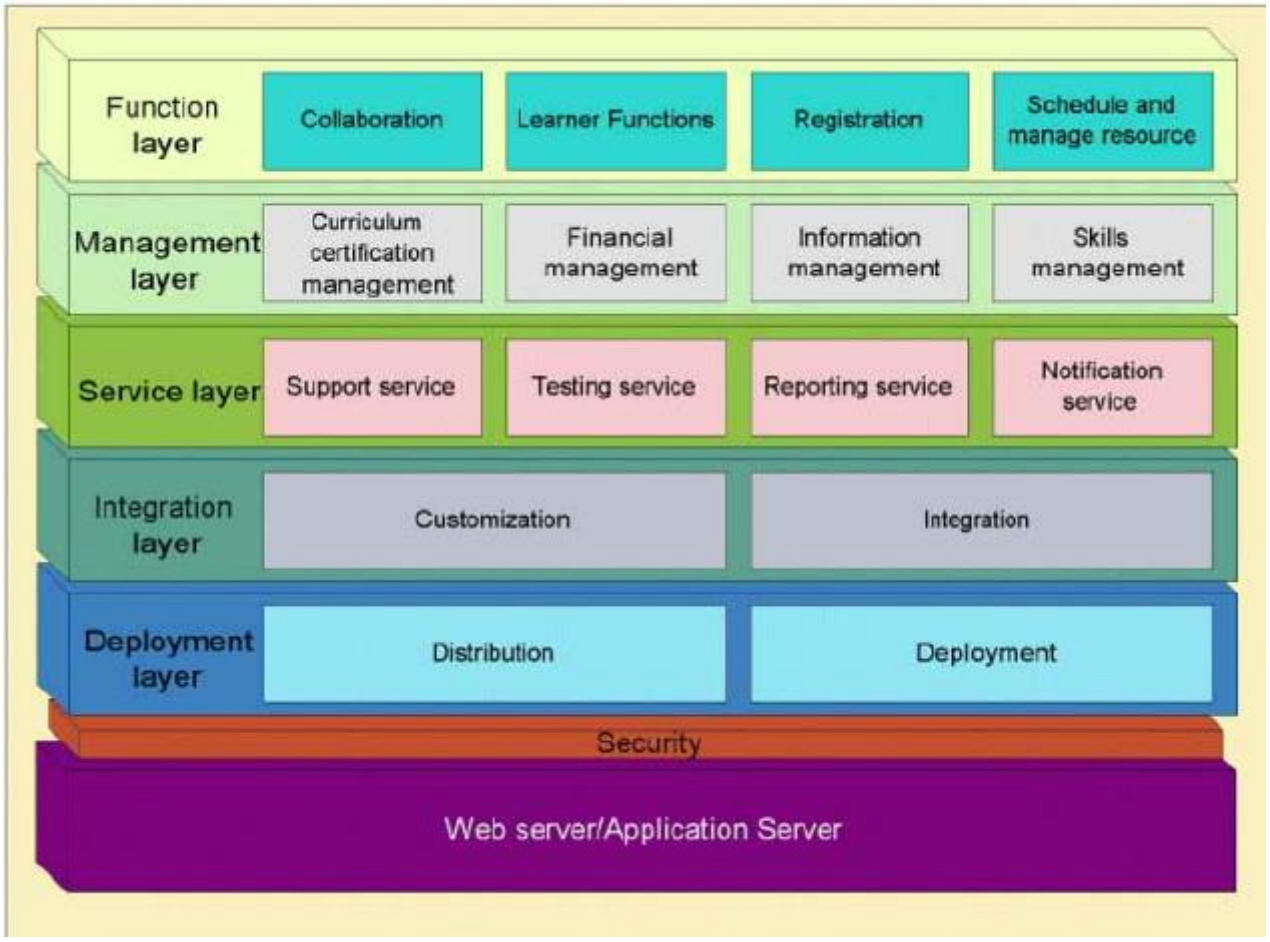
Додаток А

Приклад моделі LMS



Додаток Б

Приклад моделі LMS



Додаток В

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

(Презентація)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій
Кафедра Комп'ютерної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯОСВІТНЬОГОСТУПЕНЯБАКАЛАВРА
на тему: «Віртуалізовані середовища для освітніх технологій»

Виконав студент групи КІД-41
Салієнко Артем Анатолійович

Керівник кваліфікаційної роботи:
Бученко Ігор Анатолійович, старший викладач кафедри КІ

Київ – 2025

Мета роботи – Дослідження віртуалізованих систем для освітніх технологій

Об`єкт дослідження – Віртуалізовані середовища

Предмет дослідження – Віртуалізовані середовища для освітнії технологій

Актуальність обраної теми

В наш час взаємодія між отримувачами освіти та викладачами переважно проходить онлайн. Після ряду кризових ситуацій значна частина освітніх закладів почала, а в подальшому і продовжує використовувати дистанційне навчання, а велика кількість матеріалів або саме навчальне середовище пройшло через цифровізацію. Тому зараз активно постає питання віртуалізації освітніх процесів

Поняття віртуального середовища

• Віртуалізоване середовище – це технологія, яка дозволяє створювати віртуальні (нематеріальні) версії фізичних обчислювальних ресурсів, таких як сервери, мережі та сховища даних. Це дає можливість імітувати їх функціонал та використовувати ці віртуальні ресурси безпосередньо на фізичному обладнанні.



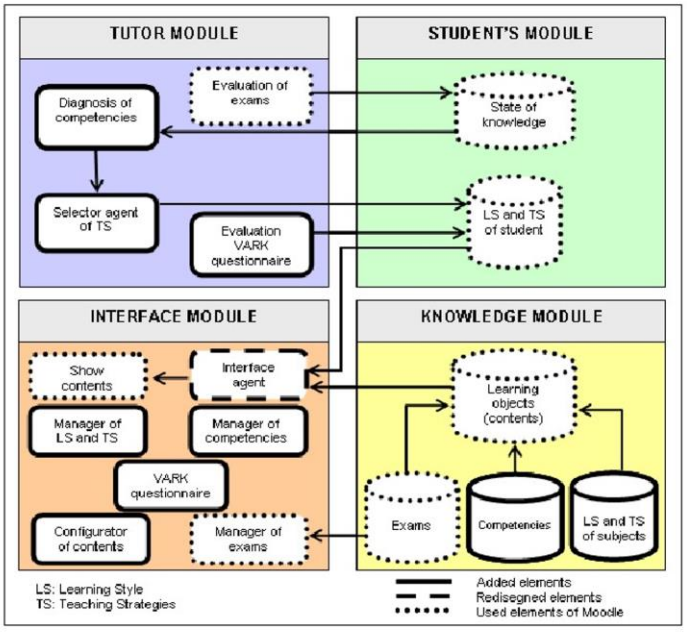
Інфраструктура віртуалізованих освітніх середовищ

LMS (Learning Management System) — це система управління навчанням, яка використовується для організації, проведення та аналізу освітніх процесів. Вона дозволяє створювати курси, відстежувати успішність студентів, автоматизувати оцінювання та взаємодіяти з учасниками навчання



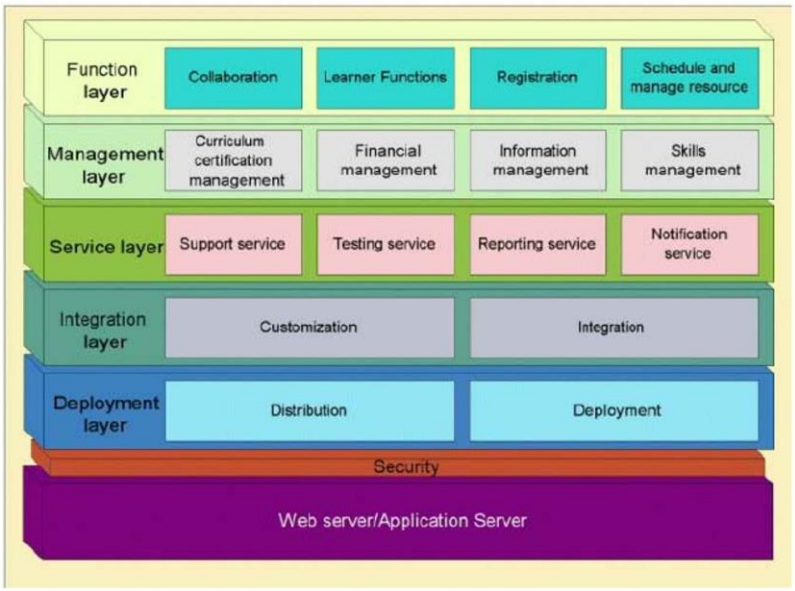
5

Модель LMS, адаптивні навчальні системи



6

Архітектура LMS



Використання технологій віртуалізації

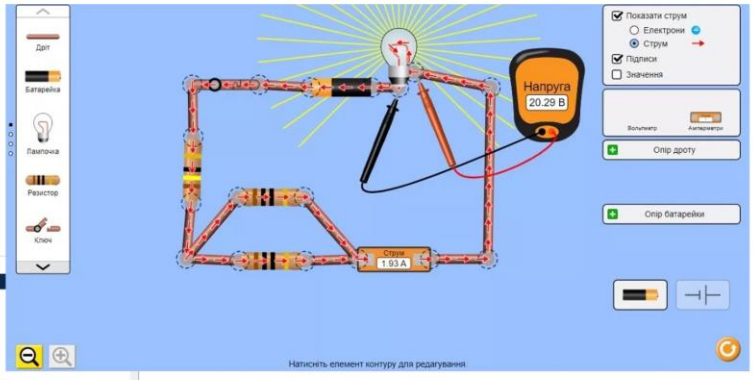


Рисунок 3.1 – Приклад віртуальної лабораторії в інтерактивному симуляторі PhET

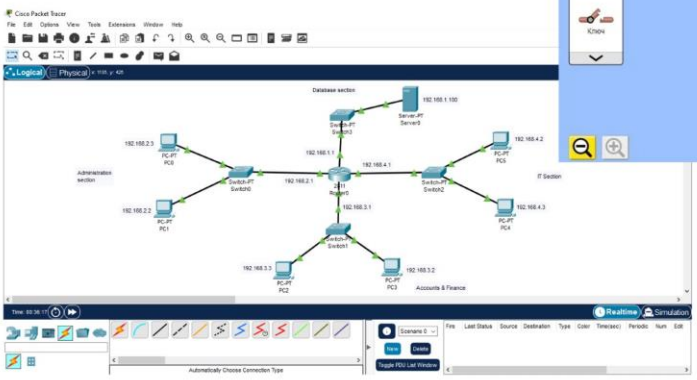


Рисунок 1.13 – Інтерфейс Cisco Packet Tracer

ВИСНОВКИ

Віртуалізовані освітні платформи змінюють підхід до організації навчальних процесів, забезпечуючи гнучке та масштабоване середовище для викладання та практичної роботи. Використання технологій віртуалізації дозволяє усунути залежність від фізичної інфраструктури, зменшуючи витрати на обладнання та обслуговування навчальних систем.

Застосування VMware, VirtualBox, Hyper V та KVM створює оптимальні умови для розгортання віртуальних лабораторій, моделювання процесів і тестування програмного забезпечення без потреби у великій кількості фізичних машин. Це дає можливість стандартизувати освітні ресурси та забезпечити рівний доступ до навчальних матеріалів для всіх здобувачів освіти. Віртуалізація також сприяє підвищенню безпеки, адже кожне середовище може бути ізольованим, що мінімізує ризики системних збоїв та несанкціонованого доступу.

Контейнеризація за допомогою Docker та Kubernetes значно розширює можливості розгортання навчальних середовищ. Створення попередньо налаштованих контейнерних образів дозволяє швидко надавати здобувачам освіти доступ до інструментів для практичних занять, експериментів або тестування нових технологій. Автоматизоване масштабування контейнерів та балансування навантаження сприяють стабільній роботі онлайн-курсів та лабораторій, особливо під час масового доступу.

ПРОДОВЖЕННЯ ВИСНОВКІВ

Запуск віртуалізованих освітніх платформ потребує детального планування та аналізу вимог навчального процесу. Важливо правильно розподілити апаратні ресурси, оцінити необхідні обчислювальні потужності та забезпечити сумісність із навчальними системами. Використання засобів централізованого управління, моніторингу продуктивності та автоматизованого резервного копіювання забезпечує безперебійність роботи та швидке реагування на технічні несправності.

Сучасні технології дозволяють інтегрувати віртуалізовані навчальні середовища з LMS-платформами, електронними бібліотеками та тестовими системами. Це дає змогу викладачам автоматизувати процеси викладання та тестування, знижуючи адміністративне навантаження та підвищуючи ефективність навчання.

Віртуалізація освітніх платформ відкриває нові можливості для впровадження інноваційних технологій. Інтеграція штучного інтелекту дозволить створювати адаптивні навчальні середовища, що підлаштовуються під рівень знань. Використання розширеної аналітики допоможе прогнозувати ефективність навчальних програм та вчасно коригувати їх зміст.

ПРОДОВЖЕННЯ ВИСНОВКІВ

Подальше вдосконалення підходів до розгортання навчальних платформ сприятиме масштабуванню дистанційної освіти та забезпечить доступ до якісних освітніх ресурсів незалежно від місця проживання учасника навчального процесу. Технологічні рішення, засновані на віртуалізації та контейнеризації, закладають фундамент для сталого розвитку цифрової освіти, підвищуючи її ефективність та доступність.

Підсумовуючи, використання віртуалізованих освітніх середовищ змінює традиційні підходи до навчання, створюючи цифрову екосистему, що забезпечує максимальну адаптивність, безпеку та зручність управління навчальними процесами. Впровадження цих технологій у навчальні заклади сприяє якісному вдосконаленню методик викладання, оптимізації ресурсів та розширенню можливостей для учасників освітнього процесу.

РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

Салієнко А. А., Бученко І. А. Впровадження віртуалізованих середовищ у дистанційне навчання. Застосування програмного забезпечення в ІКТ : VI Всеукр. науково-техн. конф., м. Київ, 24 квіт. 2025 р. Київ, 2025. С. 466–468. URL: https://duikt.edu.ua/uploads/p_2779_56719466.pdf.

Салієнко А. А., Бученко І. А. Перспективи ігрових навчальних платформ у віртуалізованих навчальних системах. Сучасні інтелектуальні інформаційні технології в науці та освіті : V Всеукр. науково-практ. конф., м. Київ, 15 трав. 2025 р. Київ, 2025. Подано до друку