

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”  
Завідувач кафедри кібербезпеки  
та програмного забезпечення  
д.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ Олексій СМІРНОВ  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти**  
на тему  
**“Дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації**  
**мережі Nuage Networks”**

Виконав здобувач вищої освіти  
II курсу, групи КІ-24М  
ОПП «Комп’ютерна інженерія»  
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»  
\_\_\_\_\_ Турик Б.Є.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту  
доктор філософії (PhD)  
\_\_\_\_\_ Усік П.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.  
Рецензент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

**Турик Б.Є. Дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2025.**

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

Об'єктом дослідження є процес віртуалізації мережі Nuage Networks.

Предметом дослідження є методи віртуалізації мережі Nuage Networks.

Методи дослідження базуються на методах теорії побудови комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Результат роботи – програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Python.

**Ключові слова:** комп'ютерна інженерія, віртуалізація мережі, Nuage Networks

## ABSTRACT

**Turyk B.E. Research and software implementation of the Nuage Networks network virtualization system. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2025.**

In this final qualification work for the second (master's) level of higher education, software has been developed, which is intended for the Nuage Networks network virtualization system.

The purpose of the development is the research and software implementation of the Nuage Networks network virtualization system.

The object of the research is the Nuage Networks network virtualization process.

The subject of the research is the Nuage Networks network virtualization methods.

The research methods are based on the methods of the theory of computer network construction, methods of mathematical statistics, and methods of software development.

The result of the work is the software implementation of the Nuage Networks network virtualization system.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software tools was performed. All components of the developed software are fully described.

A user-friendly user interface has been developed. Instructions for working with the software are provided.

The program can be used on a PC with Windows 10/11.

The program is developed in the Python environment.

**Keywords:** computer engineering, network virtualization, Nuage Networks

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ .....	3
ВСТУП.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ .....	6
1.1 Призначення системи.....	6
1.2 Область застосування.....	7
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ .....	8
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.....	8
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	18
2.3 Розгорнута постановка завдання .....	18
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ .....	20
3.1 Опис функціонування системи .....	20
3.2 Розробка структурної схеми.....	26
3.3 Розробка функціональної схеми .....	28
3.4 Розробка діаграми процесів.....	36
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	38
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	38
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	54
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ .....	57
6 НАУКОВА НОВИЗНА .....	63

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ			
Вим	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Турик Б.Є.				Дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Усік П.С.					М	1	88
Н.контр.	Коваленко А.С.				ЦНТУ КІ-24М			
Затв.	Смірнов О.А.							

7	МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ .....	64
7.1	Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту .....	64
7.2	Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок ...	65
7.3	Вибір методу оцінки вартості ПЗ .....	65
7.4	Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості.....	66
7.5	Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ .....	68
7.6	Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ .....	69
7.7	Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту.....	70
8	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ .....	71
8.1	Вступ.....	71
8.2	Аналіз умов праці на робочому місці програміста.....	73
8.3	Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці.....	75
8.4	Розрахункова частина .....	77
8.5	Висновки до розділу.....	79
9	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	80
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	82

КБПЗ-2025

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>2</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

- IT – інформаційні технології
- ПЗ – програмне забезпечення
- QoS – механізми контролю й керування якістю

КБПЗ\_2025

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Віртуалізація мережі – це процес створення віртуальної версії мережі, включаючи апаратні та програмні компоненти. Вона дозволяє користувачам створювати, розгортати та керувати мережами у віртуальному середовищі.

Віртуалізацію мережі можна використовувати для різних цілей, включаючи тестування нових мережевих проектів, моделювання різних мережевих середовищ та навчання співробітників новим мережевим технологіям.

Це також дозволяє мережевим адміністраторам ефективніше керувати кількома мережами, зменшуючи витрати та підвищуючи ефективність. Крім того, віртуалізацію можна використовувати для покращення масштабованості, доступності та безпеки мережі.

Віртуалізація – це технологія, яка дозволяє кільком віртуальним серверам працювати на одному фізичному сервері, що максимізує використання ресурсів та гнучкість, дозволяючи створювати ізольовані віртуальні середовища, що підвищує безпеку та спрощує розгортання та управління програмами.

Хмарні обчислення – це технологія, яка дозволяє користувачам отримувати доступ до даних, програм та обчислювальних ресурсів через Інтернет. Замість того, щоб покладатися на фізичні сервери чи обладнання, хмарні обчислення спираються на мережу віддалених серверів, розміщених в Інтернеті. Користувачі можуть легко отримати доступ до своїх даних та програм з будь-якого місця, де є підключення до Інтернету.

**Мета й завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем віртуалізації мережі Nuage Networks.

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4



# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

## 1.1 Призначення системи

**Переваги використання програмного забезпечення для віртуалізації мережі**

### 1. Підвищена гнучкість

Програмне забезпечення для віртуалізації мережі забезпечує високий ступінь гнучкості, дозволяючи легко змінювати конфігурацію мережі без необхідності фізично переналаштовувати обладнання. Це може бути значною перевагою, коли вам потрібно швидко реагувати на зміни у вашому бізнес-середовищі або коли ви хочете поекспериментувати з різними конструкціями мережі.

### 2. Підвищена ефективність

Віртуалізація мережі також може підвищити ефективність вашої мережі шляхом об'єднання кількох фізичних пристроїв в один віртуальний пристрій. Це може зменшити кількість обладнання, яке потрібно придбати та обслуговувати, а також спростити керування мережею, оскільки потрібно налаштовувати та контролювати менше пристроїв.

### 3. Посилена безпека

Ще однією перевагою використання програмного забезпечення для віртуалізації мережі є те, що воно може допомогти підвищити безпеку вашої мережі. Ізолюючи кожен віртуальний пристрій від інших, ви можете запобігти впливу одного скомпрометованого пристрою на інші. Крім того, багато платформ віртуалізації пропонують вбудовані функції безпеки, такі як брандмауери та системи виявлення вторгнень, які можуть додатково захистити вашу мережу.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## 1.2 Область застосування

Ось кілька порад, які допоможуть вибрати найкраще програмне забезпечення для віртуалізації мережі для бізнесу:

**Визначте свої цілі:** Чого ви хочете досягти за допомогою віртуалізації мережі? Ви хочете покращити використання ресурсів, зменшити витрати чи підвищити гнучкість? Як тільки ви визначите свої цілі, ви зможете звужити коло варіантів.

**Врахуйте свій бюджет:** скільки ви можете собі дозволити витратити на програмне забезпечення для віртуалізації мережі? Існує багато доступних варіантів, тому не дозволяйте вартості бути вирішальним фактором.

**Оцініть свою існуючу інфраструктуру:** яке обладнання та програмне забезпечення у вас зараз використовується? Переконайтеся, що вибране вами програмне забезпечення для віртуалізації мережі сумісне з вашою існуючою інфраструктурою.

**Порівняйте функції та можливості:** Не все програмне забезпечення для віртуалізації мережі однакове – деякі продукти пропонують більше функцій та можливостей, ніж інші. Порівняйте продукти один з одним, щоб знайти той, який найкраще відповідає вашим потребам.

**Отримайте пораду експерта:** Якщо ви все ще не впевнені, який продукт вам підходить, зверніться за порадою до фахівця, який спеціалізується на віртуалізації мереж. Він може допомогти вам оцінити ваші варіанти та прийняти рішення.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## 2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

### 2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

#### 1. VMware NSX

VMware NSX – це провідне в галузі програмне забезпечення для віртуалізації мереж, яке дозволяє організаціям революціонізувати свою мережеву інфраструктуру. Відокремлюючи мережу від апаратного забезпечення за допомогою можливостей віртуалізації серверів, NSX забезпечує програмно-визначений центр обробки даних (SDDC), який є більш гнучким, ефективним та безпечним. За допомогою NSX організації можуть динамічно надавати нові послуги та програми за лічені хвилини, без необхідності дорогого та трудомісткого розгортання обладнання.

NSX також забезпечує автоматизовані політики мережевої безпеки, забезпечуючи розподілений брандмауер та можливості мікросегментації. Це допомагає організаціям захищати свої програми від шкідливого трафіку та атак зсередини або ззовні центру обробки даних.

NSX надає єдине рішення для керування як фізичними, так і віртуальними мережами, надаючи IT-командам кращий огляд своєї інфраструктури. Вони також можуть використовувати NSX для автоматизації таких завдань, як налаштування нових програм і служб, лише за допомогою кількох кліків.

Особливості:

- Оптимізуйте управління мережею та її налаштування.
- Надійні можливості багатосайтової мережі та безпеки.
- Проактивні заходи безпеки проти складних кіберзагроз.
- Мікросегментація та детальний контроль доступу.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- Комплексні послуги мережевого стеку та оверлею L2-L7.
- Застосуйте політики безпеки на рівні віртуальної машини.
- Авторизовані користувачі можуть безпечно підключатися з віддалених місць.

**Переваги:**

- Підвищена гнучкість та масштабованість.
- Нижчі експлуатаційні витрати.
- Покращена видимість та безпека.
- Швидше розгортання сервісу.
- Підтримка мережі з кількох сайтів.
- Можливість автоматизувати роботу мережі.

**Недоліки:**

- Високі початкові витрати.
- Потенційні проблеми сумісності.
- Складність політик безпеки.

**Ціноутворення:**

– Вартість VMware NSX залежить від кількості процесорів та обраного вами типу ліцензії. Ціна безстрокової ліцензії починається від 6995 доларів США за процесор. Модель на основі підписки починається від 1995 доларів США за процесор на рік.

## **2. Віртуальні системи Check Point**

Віртуальні системи Check Point пропонують найкращий рівень безпеки та продуктивності, що робить їх ідеальним вибором для будь-якого бізнесу, який прагне покращити свою мережеву інфраструктуру.

Завдяки віртуальним системам Check Point, компанії можуть користуватися всіма перевагами віртуалізованого середовища без шкоди для безпеки чи продуктивності. Унікальний підхід Check Point до віртуалізації гарантує, що кожна віртуальна система ізольована від інших, гарантуючи, що у разі компрометації однієї системи інші залишаться в безпеці.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Віртуальні системи Check Point також неймовірно масштабовані, що дозволяє компаніям легко додавати або видаляти ресурси за потреби. Це робить їх ідеальними для компаній, які постійно зростають і змінюються, оскільки вони можуть легко адаптуватися до нових потреб.

Віртуальні системи Check Point підтримуються підтримкою світового класу, тому компанії можуть бути впевнені, що вони завжди під захистом. Чи то цілодобова телефонна підтримка, чи онлайн-чат, Check Point має ресурси, необхідні компаніям для безперебійної роботи своїх мереж.

#### **Особливості:**

- Ізольуйте кожну віртуальну систему для додаткової безпеки та захисту.
- Легко додавайте або видаляйте ресурси за потреби.
- Доступна цілодобова телефонна підтримка та онлайн-чат.
- Оберіть з різноманітних функцій, щоб налаштувати свій досвід.

#### **Переваги:**

– Забезпечте розширені заходи безпеки для захисту мережевих ресурсів.

– Забезпечує легку масштабованість, де організації можуть динамічно розподіляти ресурси та налаштовувати потужність системи відповідно до своїх потреб.

– Спрощує та автоматизує процеси віртуалізації мережі.

– Дозволяє розгортати кілька віртуалізованих шлюзів безпеки на одному апаратному пристрої.

– Зручний інтерфейс для легкого налаштування та використання платформи.

– Встановлює єдину точку контролю для політик безпеки у віртуальних та фізичних середовищах.

#### **Недоліки:**

– Нові версії програмного забезпечення віртуальних систем Check Point можуть бути ресурсомісткими.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Недоліки:

- Обмежена масштабованість для великих організацій зі складними мережевими архітектурами

- Висока вартість послуг на основі підписки

Ціноутворення:

- Очікується, що Cisco Enterprise NFV надаватиметься через пакет Cisco ONE WAN за річною підпискою. Cisco ONE Foundation пропонує преїскурантні ціни від 1200 доларів США за WAN та 200 доларів США за Access. Однак я б рекомендував вам звернутися безпосередньо до Cisco для отримання точнішої інформації про ціни, оскільки ціни можуть відрізнятись залежно від ваших конкретних потреб і вимог.

#### 4. Платформа Red Hat OpenStack

Red Hat OpenStack Platform – це найкраще програмне забезпечення для віртуалізації, яке революціонізує вашу мережеву інфраструктуру. Воно дозволяє створити приватну хмару, яка є відкритою, масштабованою та безпечною. За допомогою Red Hat OpenStack Platform ви можете:

- Побудуйте хмару інфраструктури як послуги (IaaS).
- Надання та керування віртуальними машинами та іншими ресурсами.
- Увімкнути самостійне налаштування для користувачів.
- Досягти високої доступності та масштабованості.

Платформа Red Hat OpenStack базується на провідному в галузі гіпервізорі віртуальної машини на базі ядра (KVM) та надає потужний набір функцій для побудови приватної хмари, зокрема:

- Веб-консоль керування для зручного адміністрування.
- Інтерфейс командного рядка (CLI) для розширених параметрів налаштування.
- API для інтеграції зі сторонніми інструментами та сервісами.

Особливості:

- Підтримка розгортання та оркестрації застосунків.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12





ESXi.

– Він забезпечує високу доступність та функції балансування навантаження для віртуальних машин.

– oVirt підтримує міграцію віртуальних машин між хостами в режимі реального часу.

Недоліки:

– Для ефективної роботи oVirt потрібна значна кількість ресурсів.

– Налаштування та конфігурація для нових користувачів можуть бути складними.

– oVirt не має стільки функцій, скільки деякі його конкуренти, такі як VMware vSphere

– Ціноутворення:

– Згідно з Spiceworks, oVirt надає вам функціональність корпоративного рівня за ціною \$0.00.

## 6. Vagrant від HashiCorp

Якщо ви шукали спосіб революціонізувати свою мережеву інфраструктуру, то Vagrant – це саме те, що вам потрібно. Vagrant – найкраще програмне забезпечення для віртуалізації на ринку, яке може допомогти вам вивести вашу мережу на новий рівень. За допомогою Vagrant ви можете легко створювати та керувати віртуальними машинами, і він ідеально підходить як для середовищ розробки, так і для виробничих середовищ.

Основні функції Vagrant включають підтримку широкого спектру операційних систем, автоматизацію розгортання та контейнеризацію. Ви також можете використовувати Vagrant для швидкого масштабування вашої інфраструктури та забезпечення безперебійної роботи. Vagrant спрощує керування віртуальними машинами, тому ви можете витратити менше часу на турботи про технічні деталі та зосередитися на виконанні завдань.

Особливості:

– Автоматизоване розгортання.

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



## 7. Віртуальний брандмауер Juniper Networks vSRX

Віртуальний брандмауер Juniper Networks vSRX – це провідне програмне забезпечення для віртуалізації мережі, яке пропонує комплексний захист, продуктивність та масштабованість для вашого центру обробки даних або хмарного розгортання. За допомогою vSRX ви можете легко розгортати та керувати віртуальними брандмауерами у складних середовищах, забезпечуючи надійні функції безпеки для захисту ваших даних і програм.

vSRX надає розширений набір функцій, таких як ідентифікація програм, запобігання вторгненням, фільтрація URL-адрес та розширений захист від загроз. Він також підтримує кілька технологій віртуалізації, таких як VMware vSphere, Microsoft Hyper-V та KVM. З vSRX ви можете бути впевнені, що ваші дані в безпеці.

### Особливості:

- Ідентифікація програм, запобігання вторгненням, фільтрація URL-адрес та розширений захист від загроз.
- Підтримує кілька технологій віртуалізації, таких як VMware vSphere, Microsoft Hyper-V та KVM.
- Легке розгортання та керування віртуальними брандмауерами у складних середовищах.
- Забезпечує надійні функції безпеки для захисту ваших даних і програм.

### Переваги:

- Легко розгортати та керувати
- Комплексний захист, продуктивність та масштабованість для розгортання центрів обробки даних або хмарних систем
- Автоматизоване виявлення та запобігання загрозам
- Підтримує кілька технологій віртуалізації

### Недоліки:

- Ліцензування може бути дорогим для великих розгортань.
- Для повного функціонування деяких функцій потрібні додаткові

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

ліцензії.

Ціноутворення:

– Віртуальний брандмауер Juniper Networks vSRX доступний у кількох варіантах ліцензування від 1000 до 15 000 доларів США. Ціна залежить від необхідних вам функцій та кількості віртуальних брандмауерів, які ви хочете розгорнути.

## 2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Python – це потужна мова програмування, яка проста у вивченні. Він має ефективні структури даних високого рівня та простий, але ефективний підхід до об'єктно-орієнтованого програмування. Елегантний синтаксис і динамічна типізація Python разом з його інтерпретованим характером роблять його ідеальною мовою для створення сценаріїв і швидкої розробки додатків у багатьох сферах на більшості платформ.

Інтерпретатор Python і обширна стандартна бібліотека доступні у вихідному або двійковому вигляді для всіх основних платформ на веб-сайті Python <https://www.python.org/> і можуть вільно поширюватися. Цей же сайт також містить дистрибутиви та вказівники на багато безкоштовних сторонніх модулів Python, програм і інструментів, а також додаткову документацію.

Інтерпретатор Python легко розширюється за допомогою нових функцій і типів даних, реалізованих у C або C++ (або інших мовах, які можна викликати з C). Python також підходить як мова розширення для налаштовуваних програм.

## 2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

забезпечення, яке призначено для системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методика побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі.

Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислому експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## 3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

### 3.1 Опис функціонування системи

Віртуалізація – це ключова технологія хмарних обчислень, яка дозволяє запускати кілька віртуальних машин (ВМ) на одній фізичній машині, що дозволяє краще використовувати доступні ресурси. Це дає організаціям змогу знизити витрати, підвищити ефективність та покращити гнучкість. Крім того, це забезпечує кращу масштабованість та можливість швидко видавати нові ресурси за потреби.

#### Огляд технологій віртуалізації та їх ключових компонентів

Існує кілька типів технологій віртуалізації, включаючи віртуалізацію серверів, віртуалізацію робочих столів, віртуалізацію сховищ даних, віртуалізацію програм та віртуалізацію мережі. Ключові компоненти віртуалізації включають гіпервізор, який відповідає за керування та розподіл апаратних ресурсів між віртуальними машинами, віртуальну машину, яка є програмним представленням фізичної машини, та програмне забезпечення для керування віртуалізацією, яке надає інструменти для керування віртуальними машинами та моніторингу їх.

#### Переваги віртуалізації в традиційних обчислювальних середовищах

Однією з найважливіших переваг віртуалізації є можливість максимального використання апаратних ресурсів. Запускаючи кілька віртуальних машин (ВМ) на одному фізичному сервері, організації можуть зменшити витрати на обладнання та підвищити свою ефективність. Крім того, віртуалізація спрощує управління ресурсами, включаючи можливість розподіляти та перерозподіляти ресурси за потреби. Це може призвести до швидшого впровадження нових послуг і програм, а також до ефективнішого використання існуючої інфраструктури.

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

## **Роль віртуалізації в хмарних обчисленнях**

Віртуалізація – це основна технологія, яка забезпечує роботу хмарної інфраструктури. Вона дозволяє кільком віртуальним машинам працювати на одному фізичному сервері, що максимізує використання обладнання та знижує витрати. Крім того, віртуалізація забезпечує ізоляцію між віртуальними машинами, гарантуючи, що одна віртуальна машина не заважатиме іншій. Це підвищує безпеку та дозволяє робочим навантаженням з різними вимогами співіснувати на одному фізичному сервері.

### **Як віртуалізація забезпечує ефективне використання ресурсів у хмарі?**

Кожна віртуальна машина працює незалежно, з власною операційною системою та програмами, і ізольована від інших віртуальних машин. Це забезпечує гнучкість, масштабованість та економічну ефективність для хмарних обчислень. Крім того, віртуалізація дозволяє легко мігрувати віртуальні машини між фізичними серверами, що дозволяє динамічно розподіляти ресурси та балансувати навантаження.

### **Масштабованість та еластичність, досягнуті завдяки віртуалізації в хмарі**

Еластичність забезпечує автоматичне масштабування ресурсів відповідно до робочого навантаження, оптимізуючи ефективність та знижуючи витрати. Ці переваги дозволяють створювати кілька віртуальних машин на одному фізичному сервері. Це дозволяє компаніям адаптуватися до змінних потреб та максимізувати рентабельність інвестицій.

### **Віртуальні машини в хмарних середовищах**

У хмарних обчисленнях віртуальні машини є важливими, оскільки вони забезпечують гнучку та масштабовану інфраструктуру для економічно ефективного запуску програм. Віртуальні машини також дозволяють легко мігрувати програми між різними хмарними постачальниками в багатохмарних середовищах, що полегшує для компаній вибір найкращого хмарного рішення

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

для їхніх потреб. Загалом, виділення ресурсів та керовані хмари революціонізують обчислювальний підхід.

Віртуальні машини стали популярною технологією, що дозволяє легко масштабувати віртуальні машини завдяки швидкому розгортанню та налаштуванню змінних вимог. Вони забезпечують високий рівень ізоляції між різними програмами та користувачами на одному фізичному сервері, підвищуючи безпеку та зменшуючи ризик витоку даних.

Віртуальні машини дозволяють користувачам запускати кілька операційних систем на одному фізичному сервері, що підвищує гнучкість та ефективність. Крім того, віртуальні машини сприяють аварійному відновленню та забезпеченню безперервності бізнесу, дозволяючи легко створювати резервні копії та відновлювати віртуальні машини. Загалом, використання віртуальних машин у хмарних обчисленнях може сприяти економії коштів, підвищенню продуктивності та підвищенню безпеки.

### **Гіпервізори: ключові фактори віртуалізації в хмарі**

Гіпервізори – це програмне забезпечення, яке дозволяє створювати та керувати віртуальними машинами у віртуалізаційних та хмарних середовищах. Основне призначення гіпервізорів – дозволити кільком віртуальним машинам працювати на одній фізичній машині, кожна з яких має власну операційну систему та програми. Центри обробки даних та хмарні обчислення використовують гіпервізори для оптимізації використання ресурсів та спрощення управління та масштабування IT-інфраструктури.

Існує два основних типи гіпервізорів: Тип 1 та Тип 2. Гіпервізори *Типу 1* працюють безпосередньо на обладнанні хоста, а віртуальні машини працюють поверх них. Вони також відомі як гіпервізори без вбудованого обладнання. Гіпервізори *Типу 2*, навпаки, працюють поверх операційної системи, а віртуальні машини працюють поверх них. Вони також відомі як розміщені гіпервізори.

Тип 1 зазвичай використовується в корпоративних середовищах для віртуалізації серверів. Прикладами гіпервізорів типу 1 є VMware ESXi, Microsoft

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Hyper-V та Citrix Hypervisor.

Гіпервізори типу 2 зазвичай використовуються для віртуалізації робочих столів. Прикладами гіпервізорів типу 2 є Oracle VirtualBox, VMware Workstation та Parallels Desktop.

### **Як гіпервізори забезпечують ефективне управління та розподіл ресурсів у хмарі?**

Гіпервізори забезпечують ефективне керування ресурсами та розподіл ресурсів у хмарі. Це означає, що кілька користувачів або програм можуть працювати на одному фізичному сервері, не заважаючи один одному, що призводить до кращого використання ресурсів та економії коштів. Загалом, гіпервізори є важливим компонентом хмарної інфраструктури, що дозволяє ефективно керувати ресурсами та розподіляти їх для задоволення потреб різних користувачів та робочих навантажень.

#### **Вплив віртуалізації на гнучкість та спритність хмарних технологій**

Віртуалізація в хмарі забезпечує кілька переваг гнучкості:

- Це дозволяє швидко виділяти ресурси, дозволяючи організаціям швидко реагувати на змінні потреби бізнесу.
- Це спрощує створення та розгортання нових програм, оскільки розробники можуть легко створювати нові середовища для тестування та ітерації свого коду.
- Це забезпечує мобільність робочого навантаження, переміщуючи програми між різними хмарними провайдерами або навіть між локальними та хмарними середовищами.

#### **Гнучкість у розгортанні та міграції робочих навантажень завдяки віртуалізації**

Технологія віртуалізації забезпечує гнучкість у розгортанні та міграції робочих навантажень, легко переміщуючи робочі навантаження між фізичними серверами або навіть між центрами обробки даних, щоб збалансувати робочі навантаження та оптимізувати використання ресурсів. Крім того, віртуалізація

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

дозволяє створювати віртуальні машини, які можуть запускати різні операційні системи та програми на одному фізичному сервері, підвищуючи гнучкість та зменшуючи витрати.

Віртуалізація дозволяє платформам електронної комерції масштабувати ресурси на вимогу, гарантуючи, що вони зможуть обробляти збільшений трафік і робоче навантаження. Це означає, що платформа може швидко виділяти додаткові ресурси, такі як процесор, пам'ять і сховище, без необхідності оновлення фізичного обладнання. В результаті платформа може обробляти більший обсяг транзакцій, покращуючи взаємодію з користувачем і зменшуючи ризик простоїв або збоїв.

### **Міркування безпеки у віртуалізованих хмарних середовищах**

Віртуалізовані хмарні середовища стають дедалі популярнішими завдяки своїм численним перевагам, таким як масштабованість та економічна ефективність. Однак із цим зростанням використання виникають нові проблеми та вразливості. Однією з проблем є потенційна конкуренція за ресурси, коли кілька віртуальних машин конкурують за одні й ті ж ресурси, що призводить до проблем із продуктивністю.

Ще однією проблемою є підвищена складність середовища, що може ускладнити його керування та захист. Вразливості також можуть виникати через спільну інфраструктуру та потенційну можливість зловмисних атак на віртуальні машини. Організаціям необхідно впроваджувати політики розподілу ресурсів та застосовувати заходи безпеки.

Найкращі практики та заходи безпеки для забезпечення цілісності віртуалізованих ресурсів:

- Зрозумійте використання ресурсів.
- Автоматизуйте розподіл та оптимізацію ресурсів, щоб зменшити кількість людських помилок, підвищити ефективність та заощадити час і кошти.
- Впроваджуйте управління ресурсами та дотримання вимог, щоб забезпечити безпеку, цілісність та доступність ваших даних і програм.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- Моніторинг продуктивності та доступності ресурсів
- Вирішення проблем та інцидентів з вашими ресурсами
- Оптимізуйте свою стратегію управління та моніторингу ресурсів.

### **Майбутні тенденції та інновації у віртуалізації для хмарних обчислень**

Інноваційні технології, такі як периферійні обчислення, контейнери, штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН) та безсерверні обчислення, кардинально трансформують хмарні технології. Це значно покращило функціонування бізнесу, особливо завдяки тому, що підприємства навчилися тактовно та стратегічно використовувати хмарні можливості.

Поєднання віртуалізації, контейнерів та безсерверних обчислень може створити потужну екосистему для створення та запуску сучасних програм. Наприклад, контейнери можна використовувати для пакування та розгортання програм, тоді як віртуалізацію можна використовувати для керування базовою інфраструктурою та забезпечення ефективного використання ресурсів. Безсерверні обчислення можна використовувати для автоматичного забезпечення високоякісного та економічно ефективного рішення.

Збільшення використання контейнерів, покращені функції безпеки, збільшення використання периферійних обчислень. Загалом, віртуалізація, ймовірно, залишатиметься фундаментальною технологією для хмарних обчислень у майбутньому, але її роль може змінюватися з появою нових технологій та варіантів використання.

### **Висновок**

Віртуалізація – це ключова технологія хмарних обчислень, яка дозволяє запускати кілька віртуальних машин (ВМ) на одній фізичній машині, що дозволяє краще використовувати доступні ресурси. Це дає організаціям змогу знизити витрати, підвищити ефективність та покращити гнучкість. Віртуалізація також забезпечує ізоляцію між ВМ, гарантуючи, що одна ВМ не заважатиме іншій. Це підвищує безпеку та дозволяє робочим навантаженням з різними вимогами співіснувати на одному фізичному сервері.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

З розвитком хмарних обчислень віртуалізація продовжуватиме відігравати важливу роль. Нові технології, такі як контейнери та безсерверні обчислення, поєднуються з віртуалізацією для створення потужної екосистеми для створення та запуску сучасних програм.

### 3.2 Розробка структурної схеми

Продукти SDN та SD-WAN від Nuage Networks допомагають підприємствам та постачальникам послуг підвищити ефективність та знизити витрати, автоматизуючи хмарні операції та мережеві завдання.

Хмара обіцяє підвищити ефективність використання ІТ-ресурсів та гнучкість бізнесу, забезпечуючи більший ступінь автоматизації всіх ІТ-задач. Ця автоматизація дозволить гнучко налаштовувати мережеві та обчислювальні ресурси для оптимізації. Ви також зможете розгортати та масштабувати нові програми та послуги на вимогу.

Значна частина цієї автоматизації походить від нової програмно-визначеної інфраструктури, де програмне забезпечення для хмарної оркестрації пришвидшує процеси та зменшує вартість завдань, схильних до помилок у великих масштабах. Програмно-визначена інфраструктура спирається на віртуалізацію серверів і мереж, щоб усунути складність і допомогти досягти мобільності хмарного робочого навантаження та незалежності від розташування.

Nuage Networks допомагає створити програмно-визначені мережі (SDN) як основу для хмарних мереж та автоматизації на основі політик. Але на відміну від інших постачальників, вона використовує відкритий та нейтральний підхід до хмарної інфраструктури.

Nuage Networks об'єднує хмарні мережі, що працюють на будь-якій платформі, мережевому обладнанні, системі управління хмарою та хмарному провайдеру. Сумісність з платформами з відкритим кодом.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



- агентів віртуальної маршрутизації/комутації (Virtual Routing & Switching, VRS);
- контролерів віртуалізованих сервісів (Virtualized Services Controller, VSC).

### 3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема розробленої системи зображена на рисунку 3.2. Рішення задачі забезпечення своєчасності передачі інформації в віртуалізованій мережі Nuage Networks складається з чотирьох етапів:

- визначення множини  $\mathcal{N}_{\delta_{az}}$  маршрутів передачі інформації;
- знаходження оптимальної множини маршрутів передачі цифрової інформації в телекомунікаційній мережі  $\mathcal{N}_{\delta_{\theta}}$ ;
- обчислення коефіцієнтів  $\tilde{k}_s$  розподілу інформаційного потоку і управління навантаженням віртуалізованої мережі Nuage Networks;
- створення та оновлення таблиці маршрутизації.

При рішенні задачі визначення множини  $\mathcal{N}_{\delta_{az}}$  шляхів передачі інформації в віртуалізованій мережі Nuage Networks для ВЗ « $i$ » та « $j$ » з множини  $\mathcal{R}$  вузлів зв'язку спочатку необхідно знайти найкоротшу «відстань» (мінімальний час передачі інформаційних пакетів)  $T_{i,j \min}$  від джерела « $i$ » до адресата « $j$ » і множини  $S_j^{(i)}$  вузлів, найближчих ВЗ « $i$ » за напрямом руху потоку до « $j$ » (множина «вузлів-наступників») у порядку рівнів ієрархії дерева допустимих маршрутів множини  $U$ .

При рішенні поставленої задачі відомими алгоритмами пошуку найкоротших шляхів в більшості практичних випадків маємо проблему «зациклення» при передачі інформації в знайдених шляхах. Це призводить до збільшення часу передачі інформаційних пакетів, а деколи і до їх втрати. Уникнути «зациклення» при передачі інформації пропонується шляхом додання обмежень (умова постійної відсутності циклів), які надані у вигляді виразів:

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$T_{k,j} \leq T_{i,j \min}; \quad (3.1)$$

$$T_{k,j \min} \leq T_{i,k,j}, k \in R, \quad (3.2)$$

де  $T_{k,j \min}$  – найкоротша «відстань» (мінімальний час передачі інформаційних пакетів) від вузла « $k$ » до адресата « $j$ »;  $T_{i,k,j}$  – «відстань» (час передачі інформаційних пакетів) від вузла « $i$ » до адресата « $j$ » через вузол « $k$ ».

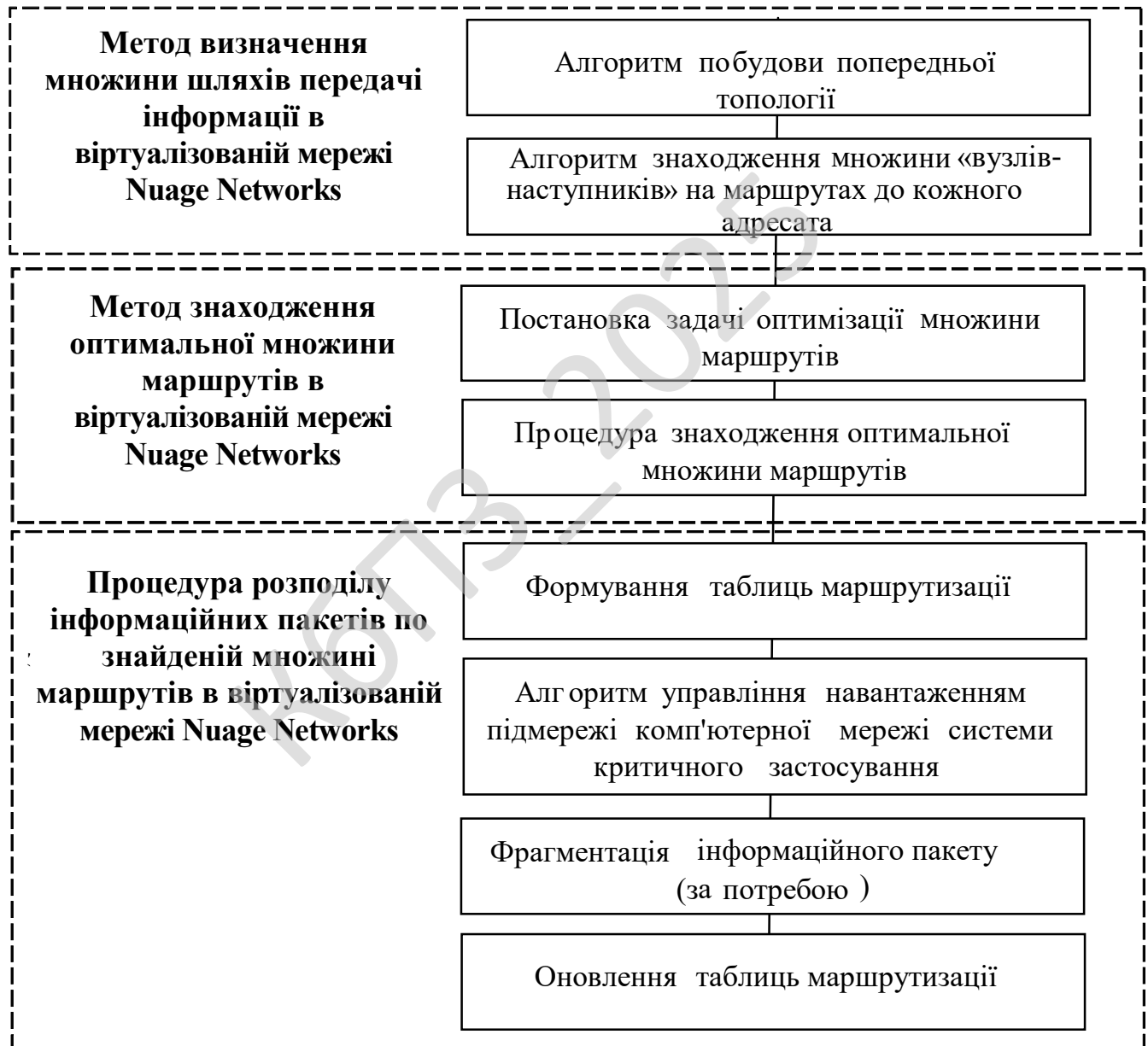


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

Рішення задачі пошуку множини шляхів, що виключають «цикли», складається з двох етапів: визначення найкоротшої «відстані»  $T_{i,j \min}$  від джерела « $i$ » до адресата « $j$ »; знаходження множини  $S_j^{(i)}$  «вузлів-наступників» на маршрутах, що виключають «циклічність», для довільних джерел « $i$ » та адресатів « $j$ » за порядком множини  $U$  рівнів ієрархії дерева вибору допустимих маршрутів.

На першому етапі для визначення найкоротшої «відстані»  $T_{i,j \min}$  доцільно використати алгоритм розрахунку попередньої топології, який забезпечує вузли зв'язку інформацією про стан зв'язків для обчислення найкоротших шляхів до адресатів. Алгоритм створено на основі відомих алгоритмів стану зв'язків. На відміну від відомих, в цьому алгоритмі враховується ієрархічність побудови віртуалізованої мережі Nuage Networks (визначаються «відстані» від «вузла-джерела»  $i$  до «адресата»  $j$  відповідно до існуючих рівнів ієрархії), що надалі дозволить здійснити пропорційний (з урахуванням коефіцієнтів  $k_s$  і  $k_s^{(c)}$ ) розподіл інформації по знайдених маршрутах.

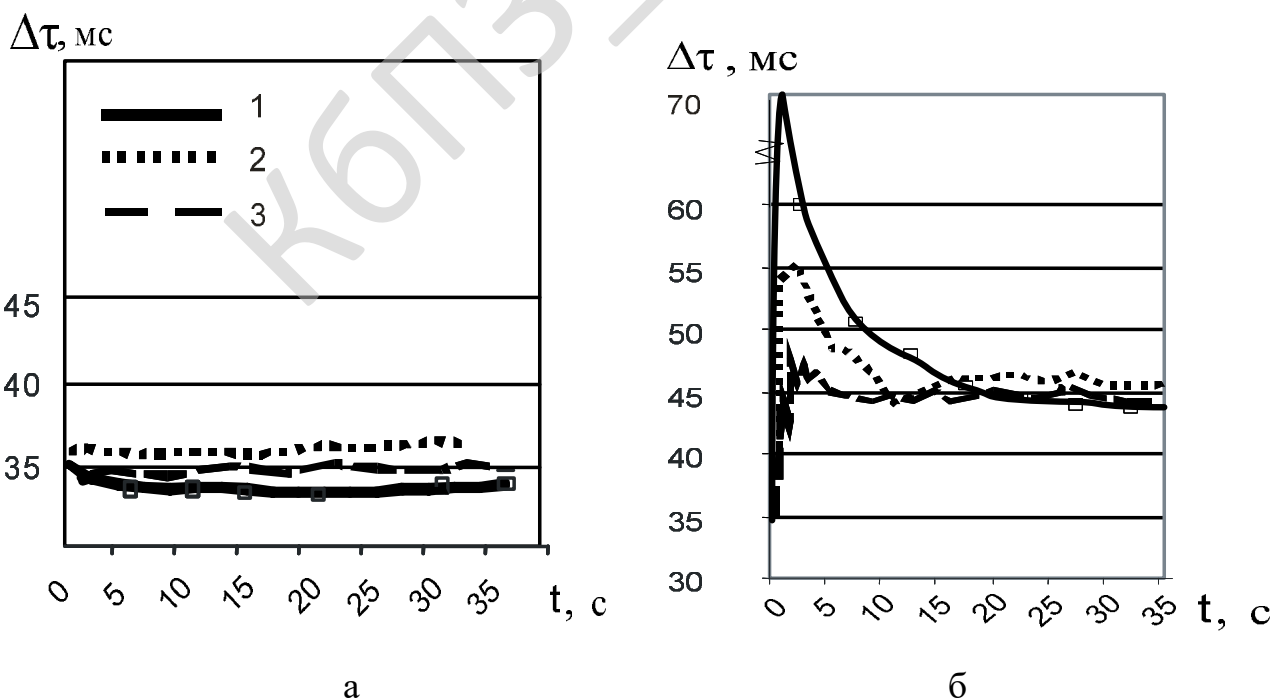


Рисунок 3.3 – Час затримки інформації: а – при статичному трафіку, б – при флуктуації трафіку від 3 до 10 Мбіт/с

На другому етапі для знаходження множини шляхів передачі інформації, що виключають «циклічність», використовується алгоритм розповсюдження попередньої топології множини шляхів. На відміну від відомих алгоритмів, в яких не враховується поточний стан ВЗ «i» обов'язкова синхронізація обміну службовими повідомленнями про стан зв'язків по всій мережі, в алгоритмі розповсюдження попередньої топології множини шляхів такої синхронізації підлягає тільки один перехід між сусідніми вузлами. Це значно спрощує роботу вузлів зв'язку і скорочує час збіжності алгоритмів. Сукупність алгоритмів розрахунку попередньої топології і розповсюдження попередньої топології множини шляхів є основою способу визначення множини шляхів передачі інформації.

Запропонований спосіб (крива 3, рисунок 3.3, а) за відсутністю флуктуацій трафіку зіставлений з аналогічними (крива 1 – спосіб Галлагера, крива 2 – модифікований дистанційно-векторний (MDVA)) за часом затримки передачі інформації, проте у декілька разів перевершує їх при різких флуктуаціях вхідного трафіку (рисунок 3.3, б).

Безпосереднє використання всієї знайденої множини  $N_{\text{баз}}$  шляхів передачі інформації розробленим способом не завжди є виправданим, особливо у разі високої пропускної спроможності декількох з наявних каналів зв'язку, здатних забезпечити виконання вимог (3.8), (3.9) при передачі інформації про повітряну обстановку. Розширення такої множини призводить до збільшення таблиць маршрутизації вузлів зв'язку, ускладнення процесу розподілу інформації і, як наслідок, до зниження достовірності передачі цифрової інформації. Тому виникає необхідність в знаходженні такої топології підмережі, тобто у виборі зі всієї знайденої множини  $N_{\text{баз}}$  шляхів деякої (оптимальної) сукупності  $N_{\text{об}}$  маршрутів, використання якої в умовах обмежень, що накладаються, дозволить забезпечити максимально можливу достовірність передачі інформації.

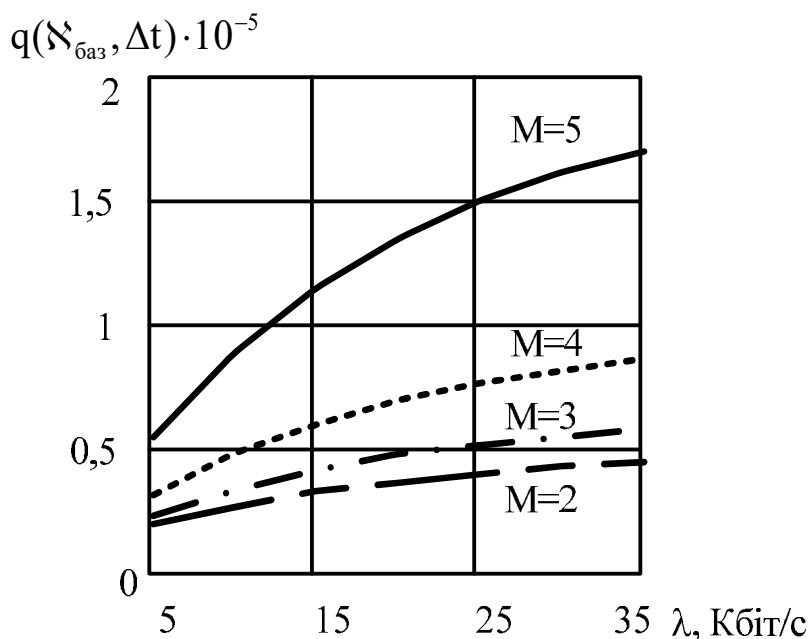


Рисунок 3.4 – Залежність ймовірності  $q(N_{\text{баз}}, \Delta t)$  спотворення інформаційних пакетів від інтенсивності  $\lambda$  вхідного потоку інформації

Одержані і наведені на рисунку 3.4 криві залежності ймовірності  $q(N_{\text{баз}}, \Delta t)$  від  $\lambda$ . Збільшення числа  $M$  використаних маршрутів, призводить до істотного (у 2,3...3,4 разів) збільшення ймовірності  $q(N_{\text{баз}}, \Delta t)$  спотворення інформації в процесі її передачі. Слід особливо відзначити, що для відомих методів розподілу характерна відсутність моніторингу поточного завантаження маршрутів, змін вхідного потоку інформації, а інколи і технічного стану каналів зв'язку. Принцип рівномірного завантаження вибраних  $M$  маршрутів, який використовується в таких методах, призводить до перевантаження одних і до неефективного використання інших маршрутів.

Для визначення початкового завантаження підмережі віртуалізованої мережі Nuage Networks пропонується проводити розрахунок коефіцієнтів  $k_s^{i,k,j}$  розподілу потоку інформації від джерела « $i$ » до адресата « $j$ » між «вузлами-наступниками» « $k$ » з  $M$ -мірної множини  $S_j^{(i)}$  залежно від значень «відстані» (часу передачі пакетів) між ВЗ на маршруті за співвідношенням

$$k_s^{i,k,j} = \left( 1 - \frac{(T_{k,j} + t_{i,k})}{\sum_{\xi \in S_j^{(i)}} (T_{\xi,j} + t_{i,\xi})} \right) / (|S_j^{(i)}| - 1), \quad k \in S_j^{(i)}, \quad (3.3)$$

де  $T_{k,j}$  – час передачі пакетів від «вузла-наступника» « $k$ » до адресата « $j$ » на маршруті ( $i, j$ );  $t_{i,k}$  – «відстань» від джерела « $i$ » до «вузла-наступника» « $k$ »;  $|S_j^{(i)}|$  – потужність множини  $S_j^{(i)}$ .

На рисунку 3.5 і 3.6 наведені відповідно залежності середнього часу  $T_{срд}$  доставки інформаційних пакетів в віртуалізованій мережі Nuage Networks і ймовірність  $Q^{(сч)}$  їхньої доставки за час, що не перевищує допустиме значення, від інтенсивності  $\lambda$  вхідного потоку інформації для повнозв'язного фрагменту віртуалізованої мережі Nuage Networks в умовах мінімальної ( $\rho_{min} = 16$  Кбіт/с), максимальної ( $\rho_{max} = 30$  Кбіт/с), середньої ( $\rho_z = 19$  Кбіт/с) пропускної спроможності каналів зв'язку (умови (I) – суцільні криві),  $\rho_{min} = 14$  Кбіт/с,  $\rho_{max} = 300$  Кбіт/с,  $\rho_z = 70$  Кбіт/с (умови (II) – пунктирні криві) при кількості маршрутів  $M=5$ . Параметром сімейства кривих є метод розподілу мережевого ресурсу в віртуалізованій мережі Nuage Networks («1» – статичний метод, «2» і «3» – відповідно відомий (MDVA) і адаптивний до умов початкового завантаження мережі методи розподілу).

Аналіз залежностей показав, що у деяких ситуаціях адаптивний розподіл потоку інформації дозволяє «заощадити» 2 і більш маршрутів і тим самим додатково понизити ймовірність  $q(N_{\sigma_{аз}}, \Delta t)$  порівняно з відомими методами управління, що свідчить про необхідність оптимізації топології підмережі віртуалізованої мережі Nuage Networks. В роботі пропонується метод знаходження оптимальної множини маршрутів в віртуалізованій мережі Nuage Networks, який включає постановку завдання та процедуру знаходження оптимальної множини маршрутів в віртуалізованій мережі Nuage Networks. При цьому визначення початкового завантаження підмережі дозволяє найкращим чином розподілити потік пакетів, тим самим мінімізуючи  $T_{срд}$  і максимізуючи  $Q^{(сч)}$  в даних умовах.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

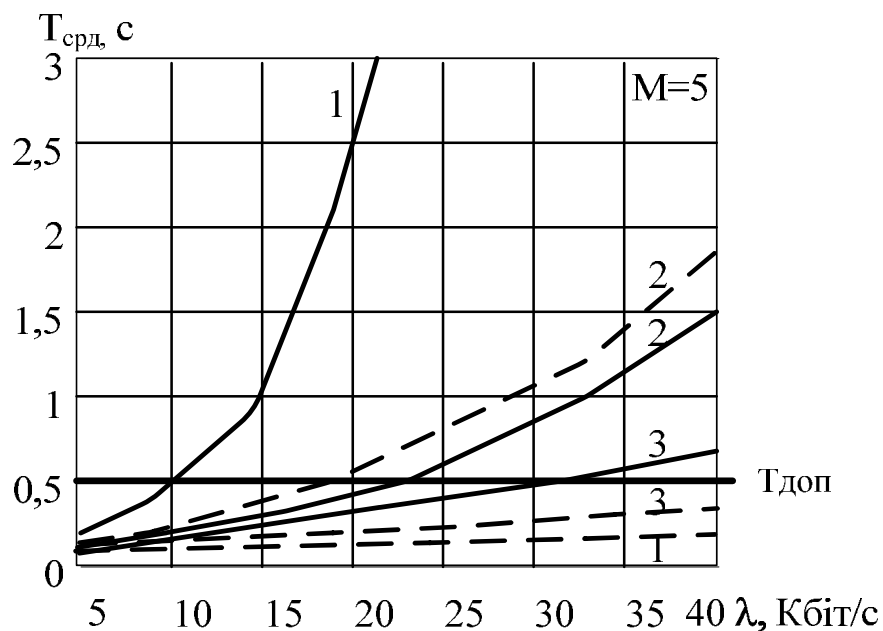


Рисунок 3.5 – Залежності середнього часу  $T_{срд}$  від інтенсивності  $\lambda$

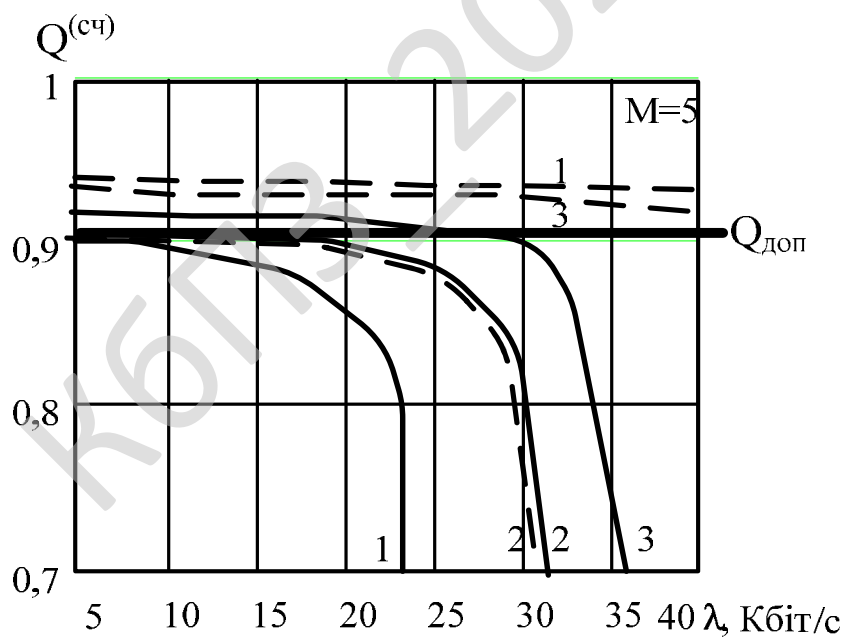


Рисунок 3.6 – Залежності ймовірності  $Q^{(сч)}$  від інтенсивності  $\lambda$

В подальшому, для передачі інформації про повітряну обстановку та забезпечення «збалансування» завантаження при флуктуаціях трафіку виконується процедура розподілу інформаційних пакетів за оптимальною множиною маршрутів в

віртуалізованій мережі Nuage Networks.

Проведемо оцінки ефективності методу забезпечення своєчасності передачі інформації в віртуалізованій мережі Nuage Networks при передачі інформації про повітряну обстановку і вірогідності отриманих результатів. В якості рекомендацій щодо практичного застосування методу забезпечення своєчасності передачі інформації в віртуалізованій мережі Nuage Networks при управлінні повітряним рухом розроблена структура процесу передачі інформації про повітряну обстановку в режимі реального часу. Врахована необхідність здійснювати комплекс заходів (адаптивне кодування, зменшення статистичної і психовізуальної надмірності, адаптивна маршрутизація та ін.), направлених на управління швидкістю передачі інформації про повітряну обстановку і зниження її інтенсивності. Для компенсації втрачених при передачі в каналах зв'язку інформаційних пакетів і забезпечення безперервності відтворення інформації про повітряну обстановку розроблено алгоритм компенсації втрачених інформаційних пакетів. Це дозволить використовувати для управління передачею цифрової інформації про повітряну обстановку протоколи транспортного рівня (RTP і UDP).

Оцінка ефективності роботи методу забезпечення своєчасності передачі інформації в віртуалізованій мережі Nuage Networks по відношенню до відомих методів показала ряд його переваг (ймовірність доведення інформації до одержувача за час, що не перевищує допустиме значення, вище за аналогічну ймовірність відомих методів до 3 разів, середній час доставки інформаційних пакетів менше аналогічної характеристики відомих методів до 15 разів). Для обґрунтування достовірності отриманих результатів математичного моделювання проведено імітаційне моделювання передачі інформації в повнозв'язній комп'ютерній мережі в умовах застосування бездротових каналів зв'язку (середня пропускна спроможність  $\rho_z = 19 \text{ Кбіт/с}$ ) при різних інтенсивностях вхідного потоку (у діапазоні  $\lambda = [5, \dots, 30] \text{ Кбіт/с}$ ). За критерієм згоди Персона з рівнем значущості  $\alpha = 0,01$  показано, що число прийнятих за час  $T_{дон}$  інформаційних пакетів а також ймовірність  $Q_{експ}^{(сч)}$  можна вважати розподіленими за нормальним законом.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Одержані довірчі інтервали для оцінок математичного очікування  $Q_{експ}^{(сч)}$ , в які потрапляють «розрахункові» значення  $Q_{\lambda}^{(сч)}$  з довірчою ймовірністю 0,95. Високий ступінь збігу результатів імітаційного і математичного моделювання підтверджує достовірність математичної моделі, використаної для розрахунку ймовірності  $Q^{(сч)}$  доставки інформаційних пакетів за час, що не перевищує допустиме значення.

Розглянувши усі блоки функціональної схеми перейдемо до розгляду діаграми взаємодії процесів, які відбуваються у системі.

### 3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма процесів розробленої системи зображена на рисунку 3.7. При детальному її розгляді можна побачити як саме проходить взаємодія у розробленій системі. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.

Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування).

Для розробника вважається звичним спочатку креслити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи. Ця діаграма в подальшому підлягає уточненню шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється.

Діаграми потоків даних містять чотири типи елементів:

- Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.
- Сховища даних (репозиторії).
- Зовнішні по відношенню до системи сутності.
- Поток даних між елементами трьох попередніх типів.



## 4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

### 4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Під час роботи над магістерською роботою було створено блок-схеми. Перед їх розглядом необхідно провести роз'яснення який саме тип блок-схем використовується.

Блок-схема це представлення задачі для її аналізу або розв'язування за допомогою спеціальних символів (геометричних образів), які позначають такі елементи, як операції, потік, дані тощо. Блок вхідних та вихідних даних прийнято позначати паралелограмом, блок обчислень (обробки) даних – прямокутником, блок прийняття рішень – ромбом, еліпсом – початок та кінець алгоритму.

У інформаційних технологіях функціональна схема складається з функціональних блоків, які являють собою конструктивно відособлені частини (елементи або пристрої) автоматичних систем, які виконують певні функції. Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів.

Функціональні схеми можуть виконуватися в укрупненому і розгорненому вигляді. У першому випадку на схемі зображають найважливіші блоки системи і зв'язки між ними.

У другому варіанті схема відображається більш детально, що полегшує її читання та ілюструє принцип роботи.

Основні елементи схем алгоритму це термінатор, процес, рішення, зумовлений процес (підпрограма), дані та з'єднувач.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>38</b>

Термінатор це елемент відображає вхід із зовнішнього середовища або вихід з неї (найчастіше застосування – початок і кінець програми). Всередині фігури записується відповідна дія.

Процес це виконання однієї або кількох операцій, обробка даних будь-якого виду (зміна значення даних, форми подання, розташування). Всередині фігури записують безпосередньо самі операції.

Рішення це показує рішення або функцію перемикального типу з одним входом і двома або більше альтернативними виходами, з яких тільки один може бути обраний після обчислення умов, визначених всередині цього елемента. Вхід в елемент позначається лінією, що входить зазвичай у верхню вершину елемента. Якщо виходів два чи три то зазвичай кожен вихід позначається лінією, що виходить з решти вершин (бічних і нижній). Якщо виходів більше трьох, то їх слід показувати однією лінією, що виходить з вершини (частіше нижній) елемента, яка потім розгалужується. Відповідні результати обчислень можуть записуватися поруч з лініями, що відображають ці шляхи.

Зумовлений процес (підпрограма) це символ відображає виконання процесу, що складається з однієї або кількох операцій, що визначені в іншому місці програми (у підпрограмі, модулі). Всередині символу записується назва процесу і передані в нього дані.

Дані це перетворення у форму, придатну для обробки (введення) або відображення результатів обробки (виведення). Цей символ не визначає носія даних (для вказівки типу носія даних використовуються специфічні символи).

З'єднувач це символ відображає вихід в частину схеми і вхід з іншої частини цієї схеми. Використовується для обриву лінії та продовження її в іншому місці (приклад: поділ блок-схеми, що не поміщається на листі). Відповідні сполучні символи повинні мати одне (при тому унікальне) позначення.

Блок-схеми є першоджерелами стратегії розвитку ПЗ. Тому від точності і детальної блок-схеми залежить результат всієї програми.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

При виборі початкової точки відліку при побудові схем було враховано, що виходячи з вибору мови програмування і інших технічних засобів, програма буде об'єктно-орієнтована що вимагає оптимізації програми високого рівня, також те, що при розробці програми слід надати особливу увагу модулю віртуалізації мережі Nuage Networks.

На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми, на рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми.

З яких видно що робота основної програми складається з початкових етапів ініціалізації ПЗ, перевірки наявності ресурсів системи, блоку початку основного циклу з чеканням запиту від користувача в якому відбувається виклик підпрограми та останньої стадії – перевірка поточного стану з завершенням роботи розробленого ПЗ. При роботі підпрограми виконується основний функціонал системи з циклічними послідовностями, перевіркою поточного стану та поверненням в основну програму прапорів стану виконання.

Було використано підходи з використанням UML, це уніфікована мова моделювання, використовується у парадигмі об'єктно-орієнтованого програмування. Є невід'ємною частиною уніфікованого процесу розробки програмного забезпечення. UML є мовою широкого профілю, це відкритий стандарт, що використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи, називаної UML-моделлю. UML був створений для визначення, візуалізації, проектування й документування в основному програмних систем. UML не є мовою програмування, але в засобах виконання UML-моделей як інтерпретованого коду можлива кодогенерація.

UML може бути застосовано на всіх етапах життєвого циклу аналізу бізнес-систем і розробки прикладних програм. Різні види діаграм які підтримуються UML, і найбагатший набір можливостей представлення певних аспектів системи робить UML універсальним засобом опису як програмних, так і ділових систем.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>40</b>

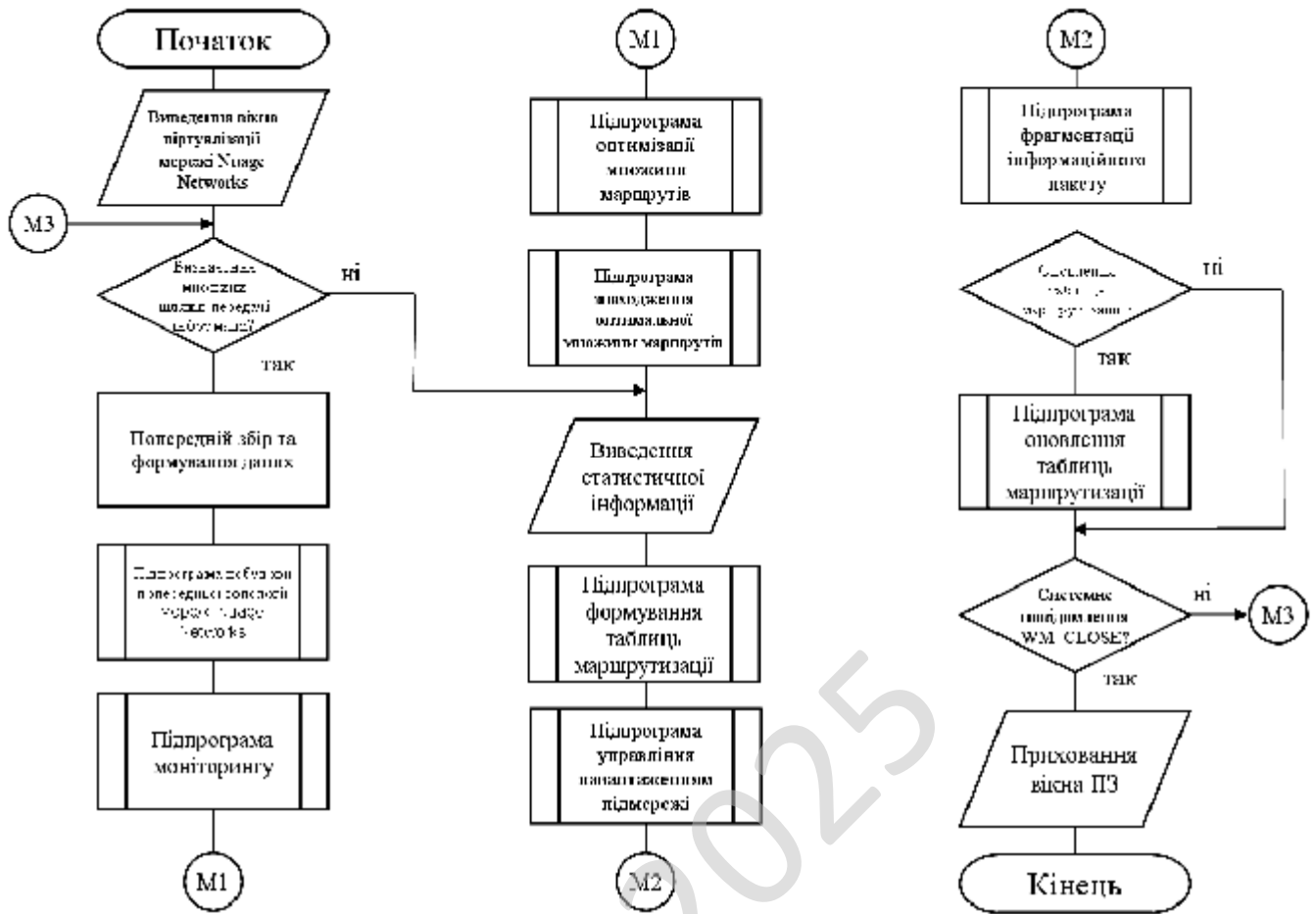


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

Діаграми дають можливість представити систему (як ділову, так і програмну) у такому вигляді, щоб її можна було легко перевести в програмний код. Основною причиною використання мови UML є спілкування розробників між собою.

Крім того, UML спеціально створювалася для оптимізації процесу розробки програмних систем, що дозволяє збільшити ефективність їх реалізації у кілька разів і помітно поліпшити якість кінцевого продукту.

UML прекрасно зарекомендувала себе в багатьох успішних програмних проектах. Засоби автоматичної генерації кодів дозволяють перетворювати моделі мовою UML у вихідний код об'єктно-орієнтованих мов програмування, що ще більш прискорює процес розробки.

Практично усі CASE-засоби (програми автоматизації процесу аналізу і проектування) мають підтримку UML. Моделі розроблені в UML, дозволяють значно спростити процес кодування і направити зусилля програмістів безпосередньо на реалізацію системи.

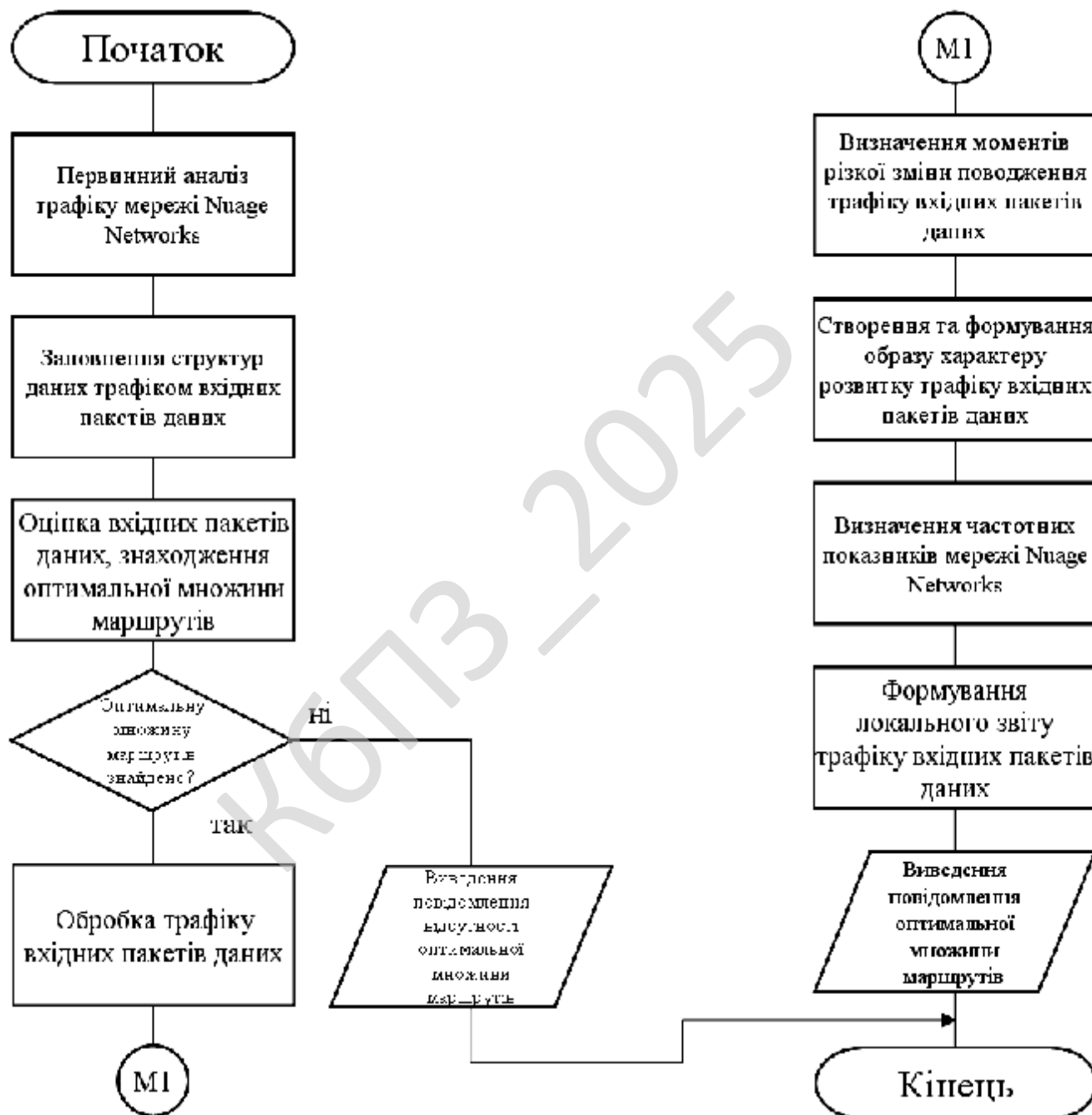


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Діаграми підвищують супроводжуваність проекту і полегшують розробку документації.

UML необхідний:

– Керівникам проектів, які керують розподілом завдань і контролем за проектом.

– Проектувальникам інформаційних систем які розробляють технічні завдання для програмістів.

– Бізнес-аналітикам, які досліджують реальну систему і здійснюють інжиніринг і реінжиніринг бізнесу компанії.

– Програмістам які реалізують модулі інформаційної системи.

При модифікації системи об'єктний підхід дозволяє легко включати в систему нові об'єкти і виключати застарілі без істотної зміни її життєздатності. Використання побудованої моделі при модифікаціях системи дає можливість усунути небажані наслідки змін, оскільки вони не ламають структури системи, а тільки змінюють поведінку об'єктів.

Також при розробці магістерської роботи було використано наступні підходи UML: діаграма діяльності (діаграми поведінки типу); діаграма прецедентів (діаграми поведінки типу); Діаграма класів; Діаграма компонент; Діаграма об'єктів; Діаграма розгортання.

Діаграма діяльності. Це візуальне представлення графу діяльностей. Граф діяльностей є різновидом графу станів скінченного автомату, вершинами якого є певні дії, а переходи відбуваються по завершенню дій. Дія є фундаментальною одиницею визначення поведінки в специфікації. Дія отримує множину вхідних сигналів, та перетворює їх на множину вихідних сигналів.

Одна із цих множин, або обидві водночас, можуть бути порожніми. Виконання дії відповідає виконанню окремої дії. Подібно до цього, виконання діяльності є виконанням окремої діяльності, буквально, включно із виконанням тих дій, що містяться в діяльності. Кожна дія в діяльності може виконуватись один, два, або більше разів під час одного виконання діяльності. Щонайменше, дії

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

мають отримувати дані, перетворювати їх та тестувати, деякі дії можуть вимагати певної послідовності.

Специфікація діяльності (на вищих рівнях сумісності) може дозволяти виконання декількох (логічних) потоків, та існування механізмів синхронізації для гарантування виконання дій у правильному порядку.

Діаграма прецедентів це діаграма, на якій зображено відношення між акторами та прецедентами в системі. Також, перекладається як діаграма варіантів використання.

Діаграма прецедентів є графом, що складається з множини акторів, прецедентів (варіантів використання) обмежених границею системи (прямокутник), асоціацій між акторами та прецедентами, відношень серед прецедентів, та відношень узагальнення між акторами. Діаграми прецедентів відображають елементи моделі варіантів використання.

Суть даної діаграми полягає в наступному: проєктована система представляється у вигляді безлічі сутностей чи акторів, що взаємодіють із системою за допомогою так званих варіантів використання. Варіант використання (use case) використовують для описання послуг, які система надає актору. Іншими словами, кожен варіант використання визначає деякий набір дій, який виконує система при діалозі з актором.

При цьому нічого не говориться про те, яким чином буде реалізована взаємодія акторів із системою.

У мові UML є кілька стандартних видів відношень між акторами і варіантами використання:

- асоціації (association relationship);
- включення (include relationship);
- розширення (extend relationship);
- узагальнення (generalization relationship).

При цьому загальні властивості варіантів використання можуть бути представлені трьома різними способами, а саме – за допомогою відношень включення, розширення і узагальнення.

Відношення асоціації – одне з фундаментальних понять у мові UML і в тій чи іншій мірі використовується при побудові всіх графічних моделей систем у формі канонічних діаграм.

Включення (include) у мові UML – це різновид відношення залежності між базовим варіантом використання і його спеціальним випадком. При цьому відношенням залежності (dependency) є таке відношення між двома елементами моделі, при якому зміна одного елемента (незалежного) приводить до зміни іншого елемента (залежного).

Відношення розширення (extend) визначає взаємозв'язок базового варіанта використання з іншим варіантом використання, функціональна поведінка якого задіюється базовим не завжди, а тільки при виконанні додаткових умов.

Діаграма класів це статичне представлення структури моделі. Відображає статичні (декларативні) елементи, такі як: класи, типи даних, їх зміст та відношення.

Діаграма класів, також, може містити позначення для пакетів та може містити позначення для вкладених пакетів. Також, діаграма класів може містити позначення деяких елементів поведінки, однак їх динаміка розкривається в інших типах діаграм.

Діаграма класів (class diagram) служить для представлення статичної структури моделі системи в термінології класів об'єктно-орієнтованого програмування. На цій діаграмі показують класи, інтерфейси, об'єкти й кооперації, а також їхні відносини.

В UML існують наступні типи зв'язків які використовуються у діаграмі класів: Асоціації; Агрегація; Композиція.

Асоціації це якщо між двома класами визначена асоціація, то можна переміщатися від об'єктів одного класу до об'єктів іншого. Цілком припустимі

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



класів має більш високий ранг (ціле) і складається з декількох менших за рангом (частин).

Ставлення такого типу називають агрегацією; воно зараховане до відносин типу «має» (з урахуванням того, що об'єкт-ціле має кілька об'єктів-частин). Агрегація є окремим випадком асоціації і зображується у вигляді простої асоціації з незафарбованим ромбом з боку «цілого». Графічно агрегація представляється порожнім ромбом на блоці класу, і лінією, яка від цього ромба до міститься класу.

Композиція це більш суворий варіант агрегації. Відома також як агрегація за значенням.

Композиція має жорстку залежність часу існування екземплярів класу контейнера та примірників містяться класів. Якщо контейнер буде знищений, то весь його вміст буде також знищено. Графічно представляється як і агрегація, але з зафарбовани ромбиком.

Діаграма компонент в UML це діаграма, на якій відображаються компоненти, залежності та зв'язки між ними.

Діаграма компонент відображає залежності між компонентами програмного забезпечення, включаючи компоненти вихідних кодів, бінарні компоненти, та компоненти, що можуть виконуватись.

Модуль програмного забезпечення може бути представлено в якості компоненти. Деякі компоненти існують під час компіляції, деякі – під час компонування, а деякі під час роботи програми.

Діаграма компонент відображає лише структурні характеристики, для відображення окремих екземплярів компонент слід використовувати діаграму розгортання.

Компоненти об'єднуються разом використовуючи структурні зв'язки (assembly connector) щоб об'єднати інтерфейси двох компонент. Це ілюструє зв'язок типу «клієнт-сервер».

Структурна взаємодія – «зв'язок двох компонент, який передбачає, що один з них надає послуги, потрібні іншому компоненту».

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

При використанні діаграми компонент щоб показати внутрішню структуру компонента, клієнтські та серверні інтерфейси можуть утворювати пряме з'єднання з внутрішніми. Таке з'єднання називається з'єднанням делегації.

Діаграма об'єктів в UML це діаграма, що відображає об'єкти та їх зв'язки в певний момент часу. Діаграма об'єктів може розглядатись як окремий випадок діаграми класів, на якій можуть бути представлені як класи, так і екземпляри (об'єкти) класів. Схожою за змістом є діаграма взаємодії (collaboration diagram).

Діаграми об'єктів не мають власної нотації. Оскільки діаграми класів можуть відображати об'єкти, то діаграма класів, на якій відображено лише об'єкти, та не відображено класи, може вважатись діаграмою об'єктів.

Діаграма об'єктів відображає об'єкти та зв'язки в певний момент роботи програми. Об'єкти можуть містити інформацію про власні значення а не про описання. Для відображення загальних шаблонів об'єктів та зв'язків, що можуть багаторазово створюватись під час роботи програми, слід використовувати діаграму взаємодії, яка може відображати характеристики об'єктів та зв'язків. Екземпляр діаграми взаємодії створює діаграму об'єктів.

Діаграма об'єктів не відображає еволюцію системи під час роботи. Натомість, слід використовувати діаграми взаємодії з повідомленнями, або діаграми послідовності.

Діаграма розгортання (deployment diagram) це діаграма в UML, на якій відображаються обчислювальні вузли під час роботи програми, компоненти, та об'єкти, що виконуються на цих вузлах. Компоненти відповідають представленню робочих екземплярів одиниць коду. Компоненти, що не мають представлення під час роботи програми на таких діаграмах не відображаються; натомість, їх можна відобразити на діаграмах компонент. Діаграма розгортання відображає робочі екземпляри компонент, а діаграма компонент, натомість, відображає зв'язки між типами компонент.

## Загальна ідея системи

Справжнє рішення Nuage Networks Virtualized Services Platform використовує три ключові компоненти. Virtualized Services Directory VSD виконує роль політичного і аналітичного ядра. Virtualized Services Controller VSC реалізує контрольну площину і керує мережею. Virtual Routing and Switching VRS відповідає за комутацію і маршрутизацію трафіку на рівні гіпервізора або контейнерного хоста.

У розроблюваній системі на Python створюється спрощений навчальний стенд який моделює поведінку цих компонентів без підключення до реальної інфраструктури Nuage Networks. Студент отримує інструмент який відтворює базові принципи Nuage VSP та дозволяє будувати експерименти з політиками доступу, віртуальними мережами, орендарями і вузлами.

У моделі Python використовується така відповідність:

1. логічний репозиторій конфігурацій виконує функції спрощеного VSD.
2. модуль обчислення політик і прийняття рішень виконує функції спрощеного VSC.
3. об'єкти кінцевих точок і підмереж моделюють VRS який реалізує накладену мережу поверх підкладки датацентру або SD WAN мережі.

Програмна система поділяється на такі логічні частини:

1. Модуль доменної моделі.
2. Репозиторій конфігурацій і журнал подій.
3. Модуль обробки політик PolicyEngine.
4. Модуль аналітики NetworkAnalytics.
5. Модуль сценаріїв та експериментів ScenarioRunner.
6. Консольний інтерфейс користувача NuageLabCLI.

Кожна частина реалізується окремим набором класів у спільному вихідному файлі. Коментарі у коді пояснюють призначення кожного класу і кожної групи методів.

```
import json
import time
import uuid
```

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>49</b>

```

from dataclasses import dataclass, asdict
from typing import Dict, List, Optional, Tuple

# Утилітна функція генерації ідентифікаторів
def generate_id(prefix: str) -> str:
    return f"{prefix}-{uuid.uuid4().hex[:8]}"

# ОПИС ДОМЕННОЇ МОДЕЛІ NUAGE МЕРЕЖІ

@dataclass
class Tenant:
    id: str
    name: str
    description: str

@dataclass
class VirtualDomain:
    id: str
    tenant_id: str
    name: str
    domain_type: str
    description: str

@dataclass
class SubnetModel:
    id: str
    domain_id: str
    cidr: str
    gateway_ip: str
    name: str

@dataclass
class SecurityGroup:
    id: str
    tenant_id: str
    name: str
    description: str

@dataclass
class Endpoint:
    id: str
    subnet_id: str
    name: str
    ipv4: str
    security_groups: List[str]

@dataclass
class PolicyRule:
    id: str
    tenant_id: str
    name: str
    src_sg_ids: List[str]
    dst_sg_ids: List[str]
    protocol: str
    port_from: int
    port_to: int
    action: str
    priority: int
    description: str

@dataclass
class FlowSample:
    id: str

```

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<b>50</b>

```

timestamp: float
tenant_id: Optional[str]
src_endpoint_id: str
dst_endpoint_id: str
protocol: str
port: int
result: str
matched_rule_id: Optional[str]

# РЕПОЗИТОРІЙ КОНФІГУРАЦІЙ ТА ЖУРНАЛ ПОДІЙ

class NuageRepository:
    def __init__(self) -> None:
# Ініціалізація сховищ об'єктів
        self.tenants: Dict[str, Tenant] = {}
        self.domains: Dict[str, VirtualDomain] = {}
        self.subnets: Dict[str, SubnetModel] = {}
        self.security_groups: Dict[str, SecurityGroup] = {}
        self.endpoints: Dict[str, Endpoint] = {}
        self.policies: Dict[str, PolicyRule] = {}
        self.flows: List[FlowSample] = []

# Створення нового орендаря
        def create_tenant(self, name: str, description: str) -> Tenant:
            tenant_id = generate_id("tenant")
            tenant = Tenant(id=tenant_id, name=name, description=description)
            self.tenants[tenant_id] = tenant
            return tenant

# Створення нового домену
        def create_domain(self, tenant_id: str, name: str, domain_type: str,
description: str) -> VirtualDomain:
            domain_id = generate_id("domain")
            domain = VirtualDomain(
                id=domain_id,
                tenant_id=tenant_id,
                name=name,
                domain_type=domain_type,
                description=description,
            )
            self.domains[domain_id] = domain
            return domain

# Створення підмережі
        def create_subnet(self, domain_id: str, cidr: str, gateway_ip: str, name: str)
-> SubnetModel:
            subnet_id = generate_id("subnet")
            subnet = SubnetModel(
                id=subnet_id,
                domain_id=domain_id,
                cidr=cidr,
                gateway_ip=gateway_ip,
                name=name,
            )
            self.subnets[subnet_id] = subnet
            return subnet

# Створення групи безпеки
        def create_security_group(self, tenant_id: str, name: str, description: str) -
> SecurityGroup:
            sg_id = generate_id("sg")
            sg = SecurityGroup(
                id=sg_id,

```

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>51</b>

```

        tenant_id=tenant_id,
        name=name,
        description=description,
    )
    self.security_groups[sg_id] = sg
    return sg

# Створення кінцевої точки
def create_endpoint(self, subnet_id: str, name: str, ipv4: str,
security_groups: List[str]) -> Endpoint:
    endpoint_id = generate_id("ep")
    endpoint = Endpoint(
        id=endpoint_id,
        subnet_id=subnet_id,
        name=name,
        ipv4=ipv4,
        security_groups=list(security_groups),
    )
    self.endpoints[endpoint_id] = endpoint
    return endpoint

# Створення правила політики
def create_policy_rule(
    self,
    tenant_id: str,
    name: str,
    src_sg_ids: List[str],
    dst_sg_ids: List[str],
    protocol: str,
    port_from: int,
    port_to: int,
    action: str,
    priority: int,
    description: str,
) -> PolicyRule:
    rule_id = generate_id("policy")
    rule = PolicyRule(
        id=rule_id,
        tenant_id=tenant_id,
        name=name,
        src_sg_ids=list(src_sg_ids),
        dst_sg_ids=list(dst_sg_ids),
        protocol=protocol.upper(),
        port_from=port_from,
        port_to=port_to,
        action=action.upper(),
        priority=priority,
        description=description,
    )
    self.policies[rule_id] = rule
    return rule

# Додавання запису про потік
def add_flow(self, flow: FlowSample) -> None:
    self.flows.append(flow)

# Пошук орендаря який відповідає кінцевій точці
def resolve_tenant_for_endpoint(self, endpoint_id: str) -> Optional[str]:
    endpoint = self.endpoints.get(endpoint_id)
    if not endpoint:
        return None
    subnet = self.subnets.get(endpoint.subnet_id)
    if not subnet:

```

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>52</b>

```

        return None
    domain = self.domains.get(subnet.domain_id)
    if not domain:
        return None
    return domain.tenant_id

# Пошук endpoint за іменем
def find_endpoint_by_name(self, name: str) -> Optional[Endpoint]:
    for ep in self.endpoints.values():
        if ep.name == name:
            return ep
    return None

# Отримання списку політик орендаря
def get_policies_for_tenant(self, tenant_id: str) -> List[PolicyRule]:
    return [p for p in self.policies.values() if p.tenant_id == tenant_id]

# Допоміжна функція експорту конфігурації у словник
def export_config(self) -> Dict:
    return {
        "tenants": [asdict(t) for t in self.tenants.values()],
        "domains": [asdict(d) for d in self.domains.values()],
        "subnets": [asdict(s) for s in self.subnets.values()],
        "security_groups": [asdict(g) for g in self.security_groups.values()],
        "endpoints": [asdict(e) for e in self.endpoints.values()],
        "policies": [asdict(p) for p in self.policies.values()],
    }

# Імпорт конфігурації з словника
def import_config(self, data: Dict) -> None:
    self.tenants = {t["id"]: Tenant(**t) for t in data.get("tenants", [])}
    self.domains = {d["id"]: VirtualDomain(**d) for d in data.get("domains",
[])}
    self.subnets = {s["id"]: SubnetModel(**s) for s in data.get("subnets",
[])}
    self.security_groups = {
        g["id"]: SecurityGroup(**g) for g in data.get("security_groups", [])
    }
    self.endpoints = {e["id"]: Endpoint(**e) for e in data.get("endpoints",
[])}
    self.policies = {p["id"]: PolicyRule(**p) for p in data.get("policies",
[])}
    self.flows = []

# МОДЕЛЬ ПОЛІТИКИ ТА МЕХАНІЗМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

class PolicyEngine:
    def __init__(self, repo: NuageRepository) -> None:
        self.repo = repo

# Основна функція оцінки потоку
def evaluate_flow(
    self,
    src_endpoint_id: str,
    dst_endpoint_id: str,
    protocol: str,
    port: int,
) -> FlowSample:
    tenant_id = self.repo.resolve_tenant_for_endpoint(src_endpoint_id)
    dst_tenant_id = self.repo.resolve_tenant_for_endpoint(dst_endpoint_id)

```

						<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			<b>53</b>

## 4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Розроблене програмне забезпечення захистимо за допомогою національного стандарту теорії побудови комп'ютерних мереж на основі алгоритму шифрування/дешифрування ДСТУ 4145-2002 з використанням еліптичних кривих над двійковим розширеним полем Галуа. У системі шифрування/дешифрування як параметри розглядається еліптична крива  $E_p(a,b)$  і точка  $G$  на ній. Учасник В вибирає закритий ключ  $n$  і обчислює відкритий ключ  $P_B = n \times G$ . Щоб зашифрувати повідомлення  $P_m$  використовується відкритий ключ одержувача В  $P_B$ . Учасник А вибирає випадкове ціле позитивне число  $k$  і обчислює зашифроване повідомлення  $C_m$ , що є точкою на еліптичній кривій.

$$C_m = \{k \times G, P_m + k \times P_B\}. \quad (4.1)$$

Щоб дешифрувати повідомлення, учасник В множить першу координату точки на свій закритий ключ і віднімає результат від другої координати:

$$P_m + k \times P_B - n_B \times (k \times G) = P_m + k \times (n_B \times G) - n_B \times (k \times G) = P_m. \quad (4.2)$$

Учасник А зашифрував повідомлення  $P_m$  додаванням до нього  $k \times P_B$ . Ніхто не знає значення  $k$ , тому, хоча  $P_B$  і є відкритим ключем, ніхто не знає  $k \times P_B$ . Супротивнику для відновлення повідомлення доведеться обчислити  $k$ . Зробити це буде нелегко. Одержувач також не знає  $k$ , але йому як підказку посилається  $k \times G$ . Помноживши  $k \times G$  на свій закритий ключ, одержувач одержить значення, що було додано відправником до незашифрованого повідомлення. Тим самим одержувач, не знаючи  $k$ , але маючи свій закритий ключ, може відновити незашифроване повідомлення.

Нехай задано просте число  $p > 4$ . Тоді еліптичною кривою  $E$ , визначеною над розширеним двійковим полем  $F_{2^m}$ , називається безліч пар чисел  $(x, y)$ ,  $x, y \in F$ , що задовольняють тотожності:

$$y^2 \equiv x^3 + a \cdot x + b \pmod{2^m}, \quad (4.3)$$

де  $4 \cdot a^3 + 27 \cdot b^2$  не рівно з нулю по модулю  $2^m$ .

Інваріантом еліптичної кривої називається величина  $J(E)$ , що задовольняє

									Арк.
									54
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ				

тотожності:

$$J(E) \equiv 1728 \frac{4a^3}{4a^3 + 27b^2} \pmod{2^m}. \quad (4.4)$$

Коефіцієнти  $a$ ,  $b$  еліптичної кривої  $E$ , по відомому інваріанту  $J(E)$ , визначаються таким чином:

$$\begin{cases} a \equiv 3k \pmod{2^m} \\ b \equiv 2k \pmod{2^m} \end{cases} \text{ де } k \equiv \frac{J(E)}{1728 - J(E)} \pmod{2^m}, J(E) \neq 0 \text{ або } 1728. \quad (4.5)$$

Пари  $(x, y)$ , що задовольняють тотожності (4.1), називаються точками еліптичної кривої  $E$ ,  $x$  та  $y$  – відповідно  $x$ - та  $y$ -координатами точки.

Точки еліптичної кривої позначатимемо  $Q(x, y)$  або просто  $Q$ . Дві точки еліптичної кривої рівні, якщо рівні їх відповідні  $x$ - і  $y$ -координати.

На безлічі всіх точок еліптичною кривою  $E$  введемо операцію додавання, яку позначатимемо знаком "+". Для двох довільних точок  $Q_1(x_1, y_1)$  та  $Q_2(x_2, y_2)$  еліптичної кривої  $E$ , розглянемо декілька варіантів.

Нехай координати точок  $Q_1$  та  $Q_2$  задовольняють умові  $x_1 \neq x_2$ . В цьому випадку їх сумою називатимемо точку  $Q_3(x_3, y_3)$  координати якої визначаються порівняннями:

$$\begin{cases} x_3 \equiv \lambda^2 - x_1 - x_2 \pmod{2^m}, \\ y_3 \equiv \lambda(x_1 - x_3) - y_1 \pmod{2^m}, \end{cases} \text{ де } \lambda \equiv \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \pmod{2^m}. \quad (4.6)$$

Якщо виконана рівність  $x_1 = x_2$  та  $y_1 = y_2 \neq 0$ , то визначимо координати точки  $Q_3$  таким чином:

$$\begin{cases} x_3 \equiv \lambda^2 - 2x_1 \pmod{2^m}, \\ y_3 \equiv \lambda(x_1 - x_3) - y_1 \pmod{2^m}, \end{cases} \text{ де } \lambda \equiv \frac{3x_1^2 + a}{2y_1} \pmod{2^m}. \quad (4.7)$$

У разі, коли виконана умова  $x_1 = x_2$  та  $y_1 = -y_2 \pmod{p}$ , суму точок  $Q_1$  та  $Q_2$  називатимемо нульовою точкою  $O$ , не визначаючи її  $x$ - і  $y$ -координати. В цьому випадку, точка  $Q_2$  називається запереченням точки  $Q_1$ . Для нульової точки  $O$  виконана рівність:

$$Q + 0 = 0 + Q = Q, \quad (4.8)$$

де  $Q$  – довільна точка еліптичної кривої  $E$ .

Щодо введеної операції складання безліч всіх точок еліптичною кривою  $E$ , разом з нульовою точкою, утворюють кінцеву абельову (комутативну) групу порядку  $t$ , для якого виконана нерівність:

$$p+1-2\sqrt{p} \leq t \leq p+1+2\sqrt{p} \quad (4.9)$$

Точка  $Q$  називається точкою кратності  $k$ , або просто – кратною точкою еліптичної кривої  $E$ , якщо для деякої точки  $P$  виконана рівність:

$$Q = P + \dots + P = kP \quad (4.10)$$

КБПЗ\_2025

					VKPM-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

## 5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку 5.1 зображено інтерфейс програмного забезпечення, розробленого у результаті виконання магістерської роботи. Розроблене програмне забезпечення віртуалізації мережі Nuage Networks складається з наступних функціональних блоків:

- Навігаційне меню: Файл; Гіпервізор; Налаштування; Довідка.
- Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.

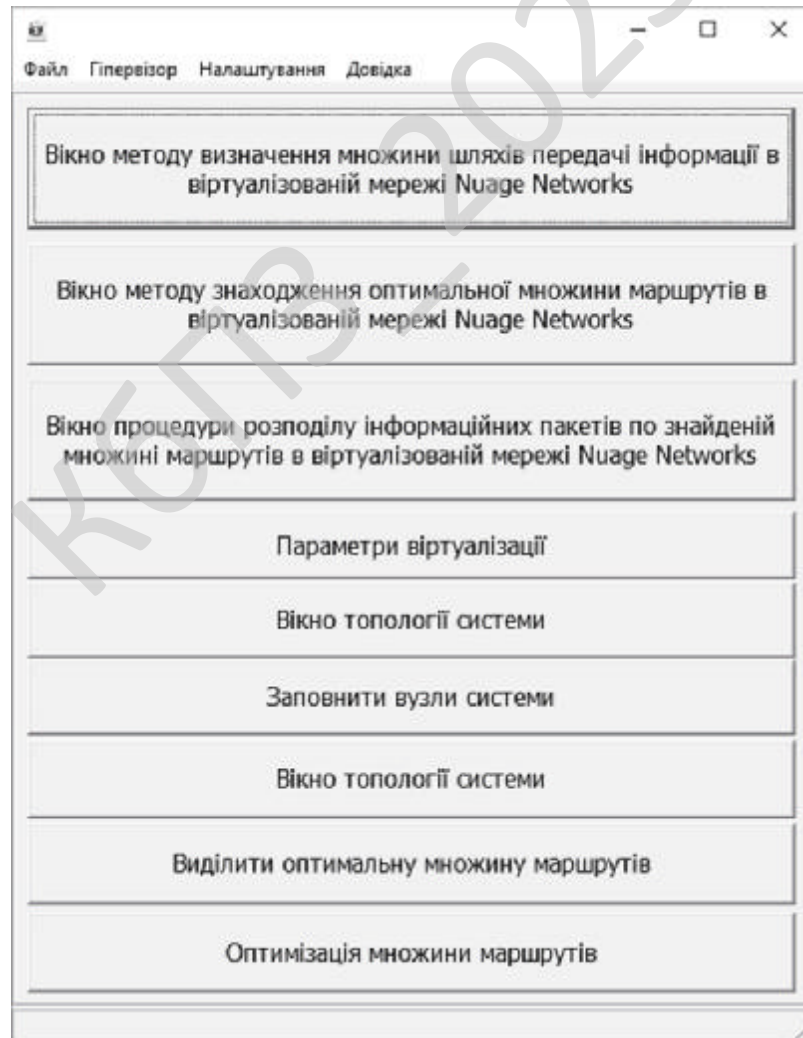


Рисунок 5.1 – Головне вікно розробленого ПЗ

– Блоку функціональних кнопок ПЗ: Вікно методу визначення множини шляхів передачі інформації в віртуалізованій мережі Nuage Networks; Вікно методу знаходження оптимальної множини маршрутів в віртуалізованій мережі Nuage Networks; Вікно процедури розподілу інформаційних пакетів по знайдений множині маршрутів в віртуалізованій мережі Nuage Networks; Параметри віртуалізації; Вікно топології системи; Заповнити вузли системи; Вікно топології системи; Виділити оптимальну множину маршрутів; Оптимізація множини маршрутів.

Для перегляду короткої довідки про програму слід натиснути на основному вікні кнопку авторського права, після чого на екрані з'явиться вікно показане на рисунку 5.2.

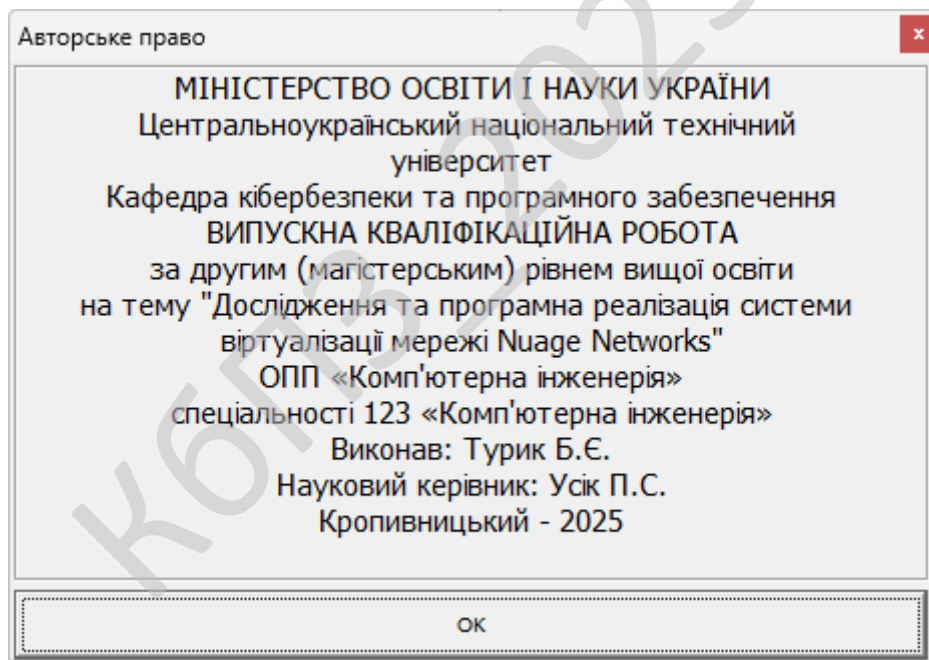


Рисунок 5.2 – Вікно розробника ПЗ

Під час роботи над програмою було проведено тестування програмного забезпечення, тобто технічне дослідження, призначене для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому воно має використовуватись.

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Тестування включає як процес пошуку помилок або інших дефектів, так і випробування програмних складових з метою їх оцінки.

Проводилась оцінка:

- відповідності поставленим вимогам;
- правильна відповідь для усіх можливих вхідних даних;
- виконання функцій за прийнятний час;
- практичність;
- сумісність з ОС та стороннім ПЗ.

Оскільки число можливих тестів для програмних компонент практично нескінченне, тому стратегія тестування полягала в тому, щоб провести всі можливі тести з урахуванням наявного часу та ресурсів.

Як результат ПЗ тестувалось стандартним виконанням програми з метою виявлення помилок або інших дефектів.

Проводилось тестування форматом білої скриньки та чорної скриньки. Тестування форматом білої скриньки засноване на аналізі керуючої структури програми. Програма вважається повністю перевіреною, якщо проведено вичерпне тестування маршрутів (шляхів) її графа управління.

У цьому випадку формуються тестові варіанти, в яких:

- Гарантується перевірка всіх незалежних маршрутів програми.
- Знаходяться гілки True, False для всіх логічних рішень.
- Виконуються всі цикли (у межах їхніх кордонів та діапазонів).
- Аналізується правильність внутрішніх структур даних.

Недоліки тестування "білої скриньки":

- Кількість незалежних маршрутів може бути дуже велика.
- Повне тестування маршрутів не гарантує відповідності програми вихідним вимогам до неї.
- У програмі можуть бути пропущені деякі маршрути.
- Не можна виявити помилки, поява яких залежить від даних.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Переваги тестування "білої скриньки" пов'язані з тим, що принцип «білої скриньки» дозволяє врахувати особливості програмних помилок:

– Кількість помилок мінімально в «центрі» і максимально на «периферії» програми.

– Попередні припущення про ймовірність потоку керування або даних у програмі часто бувають некоректними. У результаті типовим може стати маршрут, модель обчислень за яким опрацьована слабо.

– При записі алгоритму програмного забезпечення у вигляді тексту на мові програмування можливе внесення типових помилок трансляції (синтаксичних та семантичних).

– Деякі результати в програмі залежать не від вихідних даних, а від внутрішніх станів програми.

Проводилось тестування чорної скриньки. Основне місце програми тестів «чорної скриньки» – інтерфейс ПЗ. Відомі: функції програми. Досліджується: робота кожної функції на всій області визначення.

Ці тести демонструють:

– Як виконуються функції програми.

– Як приймаються вихідні дані.

– Як виробляються результати.

– Як зберігається цілісність зовнішньої інформації.

При тестуванні «чорної скриньки» розглядаються системні характеристики програм, ігнорується їхня внутрішня логічна структура. Вичерпне тестування, як правило, неможливе.

Наприклад, якщо в програмі 10 вхідних величин і кожна приймає по 10 значень, то кількість тестових варіантів становитиме  $10^{10}$ . Тестування «чорної скриньки» не реагує на багато особливостей програмних помилок.

Тестування «чорної скриньки» (функціональне тестування) дозволяє отримати комбінації вхідних даних, які забезпечують повну перевірку всіх функціональних вимог до програми.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Програмний виріб тут розглядається як «чорна скринька», чію поведінку можна визначити тільки дослідженням його входів та відповідних виходів. При такому підході бажано мати:

– Набір, утворений такими входними даними, які призводять до аномалій у поведінці програми (назвемо його ІТс).

– Набір, утворений такими входними даними, які демонструють дефекти програми (назвемо його ОТ).

Будь-який спосіб тестування «чорної скриньки» повинен:

– Виявити такі входні дані, які з високою ймовірністю належать набору ІТс;

– Сформулювати такі очікувані результати, які з високою імовірністю є елементами набору ОТ.

Принцип «чорної скриньки» не альтернативний принципу «білої скриньки». Скоріше це доповнює підхід, який виявляє інший клас помилок.

Тестування «чорної скриньки» забезпечує пошук наступних категорій помилок:

– Некоректних чи відсутніх функцій;

– Помилки інтерфейсу;

– Помилки у зовнішніх структурах даних або в доступі до зовнішньої бази даних;

– Помилки характеристик (необхідна ємність пам'яті і т.д.);

– Помилки ініціалізації та завершення.

Обрано умови розповсюдження – Shareware.

Під умовно-безплатним програмним забезпеченням можна розуміти спосіб або метод розповсюдження комерційного ПЗ на ринку (тобто на шляху до кінцевого користувача), при якому випробувачеві пропонується обмежена за можливостями (не повнофункціональна або демонстраційна версія), терміном дії (тріал версія) або версія з вбудованим набридливим нагадуванням про необхідність оплати використання програми.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

В угоді про використання (ліцензії для кінцевого користувача, EULA) також може бути обумовлена заборона на комерційне або професійне (не тестове) її використання.

Основний принцип умовно-безплатного ПЗ – «спробуй, перш ніж купити» (try before you buy). ПЗ що поширюється як умовно-безплатний, надається користувачам безоплатно.

Звичайно користувач платить тільки за час завантаження файлів через Інтернет або за носій (CD диск, флешку, ключ). Протягом певного терміну, що становить зазвичай тридцять днів, він може користуватися програмою, тестувати її, освоювати її можливості.

Якщо після закінчення цього терміну користувач вирішить продовжити використання ПЗ, він зобов'язаний купити його (zareєstrуватися), заплативши авторіві певну суму.

В іншому випадку користувач повинен припинити використання ПЗ та видалити його зі свого комп'ютера.

КБПЗ - 2025

					VKPM-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## 6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

*Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks.*

*Об'єктом дослідження є процес віртуалізації мережі Nuage Networks.*

*Предметом дослідження є методи віртуалізації мережі Nuage Networks.*

*Методи дослідження базуються на методах теорії побудови комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.*

**Наукова новизна отриманих результатів.** У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

- Удосконалено метод віртуалізації мережі Nuage Networks.
- Розроблено вітчизняний продукт віртуалізації мережі Nuage Networks, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

## 7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ

### 7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту

Результати дослідження та реалізації системи віртуалізації мережі Nuage Networks будуть насамперед цікавими для великих корпорацій і дата-центрів, де управління мережевими ресурсами потребує високої швидкості, стабільності й централізації. Такі компанії стикаються з проблемами масштабування та складністю адміністрування, і саме технологія Nuage Networks надає змогу перейти від традиційного підходу до програмно-керованої інфраструктури. Це дозволяє скоротити час на налаштування мереж, зменшити помилки, пов'язані з людським фактором, і підвищити ефективність використання ресурсів.

Також ці результати є цінними для телекомунікаційних операторів, які постійно працюють із великими обсягами даних і потребують гнучкої мережевої архітектури. Завдяки віртуалізації вони можуть швидше надавати нові послуги клієнтам, оптимізувати роботу своїх платформ і підвищити рівень безпеки мереж.

Науковим та освітнім закладам така розробка стане корисною як навчальний кейс. Використання системи Nuage Networks дозволить студентам зрозуміти принципи побудови сучасних SDN-мереж, методи управління трафіком і впровадження політик безпеки. Це сприятиме розвитку компетенцій, які є надзвичайно затребуваними на сучасному ІТ-ринку.

У ширшому контексті рішення може зацікавити державні організації та хмарні сервіси, які прагнуть до цифрової трансформації та хочуть отримати стабільну, керовану й безпечну мережеву інфраструктуру.

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## 7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок

Для визначення привабливості системи віртуалізації мережі Nuage Networks можна використати метод експертних оцінок, заснований на колективному аналізі фахівців з галузі телекомунікацій, IT-інфраструктури та кібербезпеки. Наприклад, група експертів (8–10 осіб) оцінює систему за ключовими критеріями: масштабованість, надійність, зручність адміністрування, економічна доцільність, рівень безпеки та потенціал розвитку.

Після обговорення кожен експерт виставляє оцінки за десятибальною шкалою. Якщо середній бал перевищує 8,5, то система вважається високопривабливою для впровадження. Для Nuage Networks експерти зазвичай відзначають високий рівень автоматизації та гнучкості – оцінюючи ці параметри найвищими балами, наприклад, 9,3–9,5. Дещо нижчі бали можуть отримати критерії вартості та складності інтеграції (приблизно 7,5–8,0), що пояснюється необхідністю спеціальної підготовки персоналу.

Отримані результати дають можливість виявити сильні та слабкі сторони проекту й спрямувати подальші зусилля на вдосконалення. Крім того, такі оцінки допомагають інвесторам і менеджерам приймати рішення про доцільність фінансування розробки. Таким чином, експертна оцінка стає не лише аналітичним, а й управлінським інструментом у реалізації проекту.

## 7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ

Для оцінки вартості системи віртуалізації Nuage Networks найбільш доцільно використати метод повної вартості володіння (TCO – Total Cost of Ownership). Цей підхід дозволяє врахувати не лише первинні інвестиції, а й витрати на експлуатацію, підтримку, оновлення та навчання персоналу протягом життєвого циклу системи. У випадку Nuage Networks такий аналіз дає реальне

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

уявлення про економічний ефект, оскільки система замінює частину фізичної інфраструктури програмними рішеннями, що знижує витрати в довгостроковій перспективі.

Також ефективним буде метод порівняльного аналізу (Benchmarking), який передбачає порівняння вартості впровадження Nuage Networks із альтернативними SDN-рішеннями, наприклад Cisco ACI або VMware NSX. Такий підхід дозволяє не лише оцінити фінансову доцільність, а й зрозуміти, у чому саме Nuage є конкурентною перевагою.

У разі, якщо компанія планує довгострокове впровадження на кілька років, варто застосувати дисконтування грошових потоків (DCF), щоб розрахувати теперішню вартість майбутніх вигод від інвестицій. Це особливо актуально, коли проєкт фінансується поетапно.

Отже, комбінація методів TCO, Benchmarking та DCF дозволить створити найповнішу картину реальної вартості та ефективності реалізації системи Nuage Networks у корпоративному середовищі.

#### **7.4 Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості**

Підприємство має розгалужену корпоративну мережу, що об'єднує центральний офіс і 8 регіональних філій. Усі підрозділи використовують власне мережеве обладнання, а налаштування виконується вручну адміністраторами на кожному об'єкті.

Такий підхід є дорогим і повільним – у середньому на розгортання нової філії йде 3–5 днів, а щорічні витрати на підтримку мережевої інфраструктури перевищують 2 млн грн.

Для оптимізації управління прийнято рішення впровадити систему віртуалізації мережі на базі Nuage Networks, яка забезпечує централізоване програмне керування мережевими ресурсами, автоматизацію конфігурацій,

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

підвищення гнучкості та захисту даних. Рішення реалізується на основі технологій SDN (Software Defined Networking) і NFV (Network Function Virtualization), що дозволяє скоротити кількість фізичних пристроїв і зменшити потребу в локальному адмініструванні. Вхідні дані зафіксовано в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	До впровадження	Після впровадження	Економічний ефект
Кількість мережевих адміністраторів	6	3	-3
Середня зарплата адміністратора (грн/міс)	45 000	45 000	—
Річні витрати на персонал	3 240 000	1 620 000	-1 620 000 грн
Витрати на обслуговування мережевого обладнання	900 000	400 000	-500 000 грн
Середній час розгортання нової філії	4 дні	0,5 дня	-3,5 дня
Вартість простою при відкритті філії (грн/день)	50 000	50 000	—
Втрати через простій	$4 \times 50\,000 \times 8 =$ 1 600 000	$0,5 \times 50\,000 \times 8$ $= 200\,000$	<b>-1 400 000</b> <b>грн</b>
Початкові інвестиції у систему (ліцензії, сервери, налаштування)	—	2 800 000 грн	—
Щорічна підтримка та оновлення	—	300 000 грн	—

Розрахунок економічного ефекту демонструє наступне: економія на заробітній платі персоналу – 1 620 000 грн/рік, економія на обслуговуванні

мережевого обладнання – 500 000 грн/рік, зниження втрат від простоїв при розгортанні нових об'єктів – 1 400 000 грн/рік, сукупний річний економічний ефект – 3 520 000 грн/рік, чистий економічний ефект – 3 220 000 грн/рік, термін окупності (Payback Period) – 0,87 року (~10 місяців), рентабельність інвестицій – 115 %.

Додаткові нефінансові вигоди: автоматизація керування мережею – зміни політик безпеки або маршрутизації впроваджуються централізовано для всієї мережі за кілька хвилин, підвищення безпеки – система Nuage використовує сегментацію трафіку та контроль доступу на рівні віртуальних машин, гнучкість і масштабованість – розгортання нових підрозділів або хмарних сервісів не потребує фізичного втручання, зменшення людського фактору – зниження кількості помилок під час налаштування мережевих політик, сумісність із існуючими технологіями – підтримка OpenStack, VMware, Kubernetes, що спрощує інтеграцію в IT-інфраструктуру.

Таким чином, система SDN/NFV від Nuage Networks є не лише технологічно прогресивним рішенням, а й економічно обґрунтованою інвестицією, яка сприяє цифровій трансформації бізнесу, знижує експлуатаційні витрати та формує гнучку, безпечну мережеву інфраструктуру на майбутнє

## 7.5 Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ

Просування проєкту системи віртуалізації мережі Nuage Networks має бути спрямоване на поєднання технічної демонстрації можливостей і формування довіри потенційних клієнтів. На першому етапі необхідно створити пілотну платформу або демонстраційний стенд, який показує роботу системи в реальному часі – наприклад, як Nuage автоматизує управління трафіком між віртуальними машинами, ізолює сегменти мережі та забезпечує безперебійну роботу.

Далі варто проводити презентації та вебінари для IT-директорів, адміністраторів і керівників проєктів великих компаній. Акцент має бути

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

зроблено не лише на технічних параметрах, а й на економічних вигодах – зниженні витрат на обладнання, оптимізації персоналу, швидкості масштабування. Це дозволить донести цінність системи зрозумілою для бізнесу мовою.

На третьому етапі доцільно розвивати партнерські програми з інтеграторами та постачальниками ІТ-рішень. Вони можуть пропонувати Nuage Networks як частину комплексного рішення для цифрової трансформації підприємств. Це суттєво збільшує охоплення ринку без великих витрат на власний маркетинг.

Зрештою, важливим елементом просування стане створення успішних кейсів і публікація відгуків клієнтів, які вже впровадили систему. Реальні приклади підвищують довіру до технології набагато сильніше, ніж рекламні кампанії.

## 7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ

Оптимізація каналів збуту передбачає перехід від класичних схем продажів до моделі партнерської екосистеми. Найефективніше – розвивати співпрацю з провайдерами хмарних послуг, системними інтеграторами та консультантами з кібербезпеки, які можуть включати Nuage Networks у свої рішення для клієнтів. Такий підхід дозволить масштабно охопити ринок без створення великої власної збутової структури.

Також можна запропонувати реалізацію моделі «Network Virtualization as a Service», яка дає можливість клієнтам користуватись віртуалізованими мережами за передплатою. Це спрощує доступ до технології й робить її привабливою навіть для середніх компаній, що не можуть дозволити собі великі інвестиції.

Для підвищення впізнаваності важливо створити навчальні програми та сертифікації для ІТ-фахівців. Це не лише допоможе формувати спільноту

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

користувачів Nuage Networks, але й стимулює попит серед компаній, які шукають кваліфікованих адміністраторів.

Зрештою, варто використовувати онлайн-канали продажів і демонстрацій, включно з інтерактивними порталами, відеооглядами та тестовими середовищами. Це дозволить скоротити шлях від ознайомлення до впровадження, зробивши продукт доступним глобально.

### **7.7 Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту**

Ключовими факторами успіху такого проєкту є технологічна стабільність, висока якість підтримки та стратегічна гнучкість рішення. Система повинна забезпечувати безперебійну роботу навіть при зростанні навантаження та бути здатною швидко адаптуватися до змін у корпоративній інфраструктурі.

Важливу роль відіграє також ефективна інтеграція з існуючими ІТ-системами. Якщо Nuage Networks легко підключається до вже встановлених рішень – VMware, OpenStack чи Kubernetes – це суттєво спрощує її впровадження. Простота налаштування і зрозумілий інтерфейс стають серйозною перевагою для користувачів.

Не менш важливою є якісна технічна підтримка з боку розробника. Регулярні оновлення, консультації та можливість швидкого реагування на інциденти формують довіру клієнтів і гарантують стабільність роботи.

І, нарешті, успіх визначається економічною доцільністю – коли користувачі реально відчують скорочення витрат і зростання ефективності. Поєднання інноваційної технології, реальних вигод і позитивного досвіду впровадження створює фундамент для сталого розвитку проєкту та його подальшого масштабування на ринку.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

## 8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

### 8.1 Вступ

В охорону праці включають санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні та організаційно-технічні системи правових і соціально-економічних заходів.

В кожній ІТ-компанії є трудові відносини з працівниками. Згідно закону України “Про охорону праці” [3] кожна компанія впроваджує заходи з охорони праці. Реалізується трудові відносини з вживанням необхідних засобів з охорони праці та розробки відповідних документів:

- Інструкцій з охорони праці по кожній професії і загальні;
- Положення про охорону праці;
- Накази з охорони праці;
- Журнали реєстрації та інструктажу.

Роботодавець створює відділ який працює відповідно до типового положення, яку затверджується центральним органом виконавчої влади і забезпечує виконання вимог державної політики у сфері охорони праці.

За недотриманням вимог, керівники ІТ-компаній можуть бути притягнуті до відповідальності, яка виглядає у виді накладання штрафу. Якщо в результаті порушення умов охорони праці є постраждалі працівники то керівні особи ІТ компаній притягуються до кримінальної відповідальності.

Законом України “Про охорону праці” [3] регламентуються загальні положення державної політики в галузі охорони праці, а конкретизуються ці положення нормативно-правовими актами про охорону праці, зокрема Наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 № 207, який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за №508/31960 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

з екранними пристроями» [5], яким затверджено нормативно-правовий акт з охорони праці НПАОП 0.00-7.15-18, «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», та «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2-007-98 [2].

Програмісти у процесі роботи мають негативний вплив на органи зору, а також мають значну розумову напругою і нервово-емоційне навантаження. Руки (суглоби пальців та м'язи рук) при роботі з клавіатурою мають теж істотне навантаження. До шкідливих факторів, які впливають на робітників галузі інформаційних технологій (ІТ) спеціалісти відносять високочастотні електромагнітні коливання (випромінювання) роботи апаратної частини ЕОМ та виділення шкідливих газів.

Ці шкідливі фактори можуть привести до професійних захворювань.

Розглянемо шкідливі чинники роботи програмістів керуючись наступними нормативно-правовими актами: «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2-007-98 [2], та «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» НПАОП 0.00-7.15-18.

Умови праці програміста включають наступні фактори:

- параметри повітряного середовища в приміщенні;
- вентиляція приміщення;
- освітлення приміщення;
- параметри повітряного середовища в приміщенні, тощо.

Щоб запропонувати заходи щодо зменшення негативного впливу комп'ютера на організм людини визначимо фактори, які можуть викликати професійне захворювання і впливають на працездатність програміста.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

## 8.2 Аналіз умов праці на робочому місці програміста

Згідно НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час електронно-обчислювальних машин» площа повинна задовольняти умові – не менш 6 м<sup>2</sup> на одне робоче місце. Кратність повітрообміну в приміщенні вузла також регламентується ДСанПіН 3.3.2.007-98, вона повинна становити 20 м<sup>3</sup>/годину на одне місце. Виконання даних вимог забезпечить підтримку в приміщенні оптимального значення вологості й складу повітря.

Відповідно ДБН В.2.5-28-2006 роботу програміста можна віднести до роботи з малою точністю (найменший розмір об'єкта розрізнення від 1 до 5 мм) V-го розряду зорової роботи, з великою контрастністю об'єкта розрізнення (символів на екрані дисплея), з темним тлом (під розряд зорової роботи В). Приміщення можна віднести до 1-ої групи приміщень, у яких проводиться розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору того, що працює на робочу поверхню. Для такого типу приміщень і розряду зорової роботи нормоване значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) робочої поверхні (при сполученому освітленні), повинен становити 0,5%, освітленість при штучному освітленні повинна становити 300 лк.

За результатами виміру освітленості відділом охорони праці величина освітленості від системи загального штучного висвітлення лежить у межах 200-250 лк, що не відповідає вимогам, які пред'являються до приміщення.

Відповідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 рівні звукового тиску в робочому приміщенні не повинні перевищувати в октавних смугах із середньо геометричними частотами наступних значень, наведених у таблиці 8.1.

У приміщенні перебувають наступні джерела шуму: електродвигуни внутрішнього вентилятора ЕОМ; працюючі принтери; працюючі дисководи. Шум, вироблений вентилятором можна класифікувати як постійний, всі інші джерела шуму, як імпульсні. Відповідно паспорта на приміщення рівень звуку, Дб(А), обмірюваний за шкалою (А) шумоміра досяг величини 28,3 Дб(А) при

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73



тіла завдяки властивості терморегуляції, тобто здатності організму регулювати віддачу тепла в навколишнє середовище.

Таблиця 8.2 – Відмінності реальних параметрів робочого місця від параметрів відповідні вимоги нормативного акту

Ріст людини, см	Висота робочої поверхні мм,	Висота простору для ніг, мм	Висота робочого сидіння, мм
175	765 (740)	655 (600)	450 (440)

У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. У санітарних нормах ДСН 3.3.6.042 – 99 встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються в залежності від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (табл. 8.3).

Таблиця 8.3 – Параметри мікроклімату для приміщень, де встановлені комп'ютери

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	22 – 24°C
	Відносна вологість	40 – 60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1 м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	23 – 25°C
	Відносна вологість	40... 60%
	Швидкість руху повітря	0,1... 0,2 м/с

### 8.3 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці

Перерахуємо проведені заходи щодо забезпечення умов праці на робочому місці програміста. З точки зору забезпечення електробезпеки до цих заходів можна віднести: устаткування розподільних щитів спеціальними розетками з

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

заземлюючими контактами; організація заземлення всіх приладів і пристроїв; періодична перевірка всіх приладів і пристроїв; щорічна здача іспитів з охорони праці.

З точки зору забезпечення оптимальних умов мікроклімату, рівня звуку і освітленості до цих заходів можна віднести: організацію природної вентиляції, за допомогою дефлектора, для забезпечення необхідного повітрообміну в приміщенні вузла; організацію системи центрального опалювання, для підтримки оптимальної температури в холодний період року; організацію штучного загального освітлення, для забезпечення необхідних умов зорової роботи, що відповідають, оформлення паспорта на приміщення вузла, з занесенням в нього вимірювань освітленості і рівня звуку, проведених відділом охорони праці.

З точки зору забезпечення пожежної безпеки до цих заходів можна віднести наявність схеми евакуації з приміщення, у випадку пожежі, повішену на вхідні двері.

Аналіз умов праці на робочому місці інженера-програміста показав, що на робочому місці не виконуються вимоги ергономіки. Для виконання їх можна запропонувати заміну не регульованого сидіння на крісло з регульованими ергономічними параметрами, а також заміну використовуваного столу на робоче місце оператора ЕОМ.

Різними фірмами в сукупності розроблено понад 11 схем регулювань параметрів робочого крісла, які забезпечують: плавне переміщення сидіння по висоті за допомогою газової пружини; плавна зміна нахилу спинки і сидіння; регулювання пружинного протivotиску спинки крісла на спину оператора; перестановку спинки по висоті; зміна глибини сидіння шляхом зміни вигину краю сидіння; синхронне повторення рухів оператора сидінням і спинкою в правильному кутовому співвідношенні; синхронне повторення спинкою крісла рухів верхньої частини тулуба того, що сидить; амортизацію сидіння.

Найбільш популярними моделями комп'ютерних крісел, у яких передбачені чотири основні регулювання (висоти сидіння, висоти, глибини і

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

нахилу спинки), є італійські, фінські моделі «Senior», «Volos», «Ergo», «Toronto», «Bini», «Metro», «NewStar», «Capris», «Fenix», «Xenus», «Quintus» і т.д. Подібні крісла, відрегульовані відповідно до зростання і ваги оператора, а також характеру виконуваної роботи, дозволяють понизити навантаження на опорно-руховий апарат людини, що працює за комп'ютером.

#### 8.4 Розрахункова частина

Для захисного штучного заземлення будемо застосовувати вертикальні електроди з сталевого прокату круглого перерізу діаметром 45 мм, довжиною  $L=2$  м., та горизонтальний електрод – металева полоса з перетином  $45 \cdot 5$  мм. Напруга – 220/380 В. Розрахункова схема розташування заземлюючих електродів – по контуру (прямокутником).

Розрахунок проводиться за допустимим опором розтіканню струму заземлювача.

Початкові дані для розрахунку захисного заземлення:

- тип верхнього шару ґрунту – чорнозем, нижнього шару ґрунту – глина (питомий опір  $\rho_2 = 40$  Ом·м);
- умовна товщина верхнього шару ґрунту:  $H=0,6$  м;
- відстань між вертикальними заземлювачами (електродами)  $A=2,5$  м;
- глибина закладення горизонтального контуру заземлення  $t=0,65$  м.
- опір заземлювача, який нормується:  $R_{3H} = 4$  Ом.

Потрібно визначити необхідну кількість вертикальних заземлювачів та довжину полоси – горизонтального заземлювача (рис. 8.1).

Виконаємо розрахунок.

Відстань від центра вертикального заземлювача до поверхні землі:

$$T = t + L/2 = 0,65 + 2/2 = 1,75 \text{ м.}$$

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77



Опір розтіканню електричного струму з'єднуючої полоси з урахуванням кліматичного коефіцієнта питомого опору ґрунту  $K_{\Pi}$  [11]:

$$R_{\Pi} = 0,366 \cdot (\rho \cdot K_{\Pi} / L_{\Pi}) \cdot \lg(2(L_{\Pi} \cdot L_{\Pi}) / (B \cdot t)) = \\ = 0,366 \cdot (40 \cdot 5 / 26) \cdot \lg((2 \cdot 26^2) / (0,045 \cdot 0,65)) = 20,2 \text{ Ом.}$$

де  $K_{\Pi}=5$  – табличне значення кліматичного коефіцієнта питомого опору ґрунту для відповідної кліматичної зони для з'єднуючої полоси [11]:  $B = 45 \text{ мм} = 0,045 \text{ м}$  – ширина з'єднуючої полоси (задана).

Загальний опір розтіканню електричного струму заземлювача [11]:

$$R = (R_0 \cdot R_{\Pi}) / (R_0 \cdot \eta_{\Pi} + N \cdot R_{\Pi} \cdot K_{ев}) = \\ = (20,6 \cdot 20,2) / (20,6 \cdot 0,55 + 10 \cdot 20,2 \cdot 0,53) = 3,36 \text{ Ом.}$$

де  $\eta_{\Pi} = 0,55$  – табличне значення коефіцієнта екранування з'єднуючої полоси [11].

Умова  $R \leq R_{зн}$  виконується ( $3,36 \leq 4$ ).

Оскільки  $R$  суттєво більше  $R_{зн}$ , зменшимо кількість вертикальних електродів до 9 і виконаємо перерахунок. У результаті остаточно отримали: кількість вертикальних електродів дорівнює 9 при  $R = 3,7 \text{ Ом}$ .

## 8.5 Висновки до розділу

Дотримання всіх необхідних умов праці не лише сприяє збереженню здоров'я працівників, а також підвищує ефективність виробництва в цілому.

З цих міркувань було здійснено аналіз приміщення, призначеного для праці програмістів, проведено розгляд небезпечних та шкідливих факторів, що негативно впливають на програмістів під час роботи.

Тільки повна усвідомленість працівника про можливі небезпеки, що можуть підстерігати його на робочому місці та дотримання вимог нормативних актів о питань охорони праці та відповідних рекомендацій фахівців, дозволять значною мірою знизити негативний вплив шкідливих та небезпечних факторів при роботі з комп'ютером на організм людини. Виконано розрахунок захисного штучного заземлення, як одного з ключових факторів безпеки програміста.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

## 9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, призначено для системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів віртуалізації мережі Nuage Networks.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

– Був проведений огляд існуючих систем віртуалізації мережі Nuage Networks.

– Досліджена система віртуалізації мережі Nuage Networks.

– На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання віртуалізації мережі Nuage Networks.

Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створені програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Python. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм ДСТУ 4145-2002.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

Проведено маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту, що дозволило визначити ключові фактори успіху даного проєкту.

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>81</b>

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Турик Б.Є. Дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks // Збірник праць молодих науковців ЦНТУ. – Вип. 15. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025.
2. Ramon Nastase «Computer Networking: The Beginner’s guide for Mastering Computer Networking, the Internet and the OSI Model». 2018. – 186 p.
3. Russ White & Ethan Banks «Computer Networking Problems and Solutions: An Innovative Approach to Building Resilient, Modern Networks». 2017. – 832 p.
4. Вінтенко Б., Смірнов О., Миронець І., Смірнова Т., Смірнов С. «Імітаційна модель шляхів вхідних даних комп’ютерної інтелектуальної системи підтримки оператора енергоблоку АЕС». *Комбінаторні конфігурації та їхні застосування: Матеріали XXVII Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 125-річчю Національного університету «Запорізька політехніка» (Запоріжжя-Кропивницький-Київ, 4-6 червня 2025 р.)*. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С.82-91.
5. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Drieiev, O., Smirnov, O., Dorenskyi, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.
6. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.
7. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.

					ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

8. Kuznetsov, O., Kryvinska, N., Ilchenko, O., Smirnova, T., Ulianovska, Y. «Comparative Analysis of Cryptocurrency Trading Platforms Using the Analytic Hierarchy Process». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 106-115.

9. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.

10. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchov, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

11. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.

12. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи*, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.

13. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 3156, 2022, Pages 390-399.

14. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління*, № 2(70). 2022. С. 28-37.

15. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>83</b>

захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 3(69). С. 93-98.

16. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*, № 2 (307). С. 46-52. 2022.

17. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 1(67). С. 84-89.

18. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.

19. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

20. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.

21. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

22. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

23. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 125-136.

24. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 366-379.

25. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2608, 2020, Pages 633-645.

26. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». *International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019*; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.

27. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». *International Journal of Computing*; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.

28. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.517-522.

29. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.

30. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings*, Vol 2588, P. 90-106, 2019.

31. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019*, P. 395-399.

32. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.

33. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.

34. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», *CEUR Workshop Proceedings Volume 2353, CEUR Workshop Proceedings 2019*, Pages 618-629.

35. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering*. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

36. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного

процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95

37. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки*. №4. С. 103-110. 2020.

38. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. № 3(7). С. 43-62. 2020.

39. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.

40. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G» у *Кібербезпека та інформаційні технології: монографія*. – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.

41. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. № 2(33). с. 161-172, 2019.

42. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.

43. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova., K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).

					<b>ВКРМ-123.25.0065.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

44. Смірнов О.А., Дреєва Г.М. Метод генерування фрактального трафіку за допомогою моделі генератора на графі. Монографія: Інформаційна безпека та інформаційні технології : монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Х. : Вид. Рожко С.Г. 2019. С. 123-139

45. Дреєва Г.М., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Метод генерування фрактальноподібної числової послідовності на основі скінченного автомату для моделювання трафіку у мережі. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 173-183, 2019.

46. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 184-194, 2019.

47. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К. Метод формування антивірусного захисту даних з використанням безпечної маршрутизації метаданих. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – Том 3 № 3. – Київ: КУ ім. Бориса Грінченка. – 2019. – С. 63-87.

48. Смірнов О.А., Гнатюк С.О., Кавун С.В., Терейковський І.А., Жмурко Т.О., Смірнов С.А., Коваленко А.С. Основи безпеки в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2018. – 177 с.

49. Смірнов О.А., Котелянець В.В. Стійкі до колізій стохастичні моделі функціонування безпроводових сенсорних мереж. Вісник інженерної академії України, №3, с. 145-152, 2018

50. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К., Дреєв А.М. Алгоритми формування безлічі маршрутів передачі метаданих у антивірусні хмарні системи. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". – Випуск 5 (142). – Х.: ХУПС – 2016. – С. 148-152.