

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
(навчально-науковий інститут)
Факультет інформаційних технологій
(факультет)
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеня магістра

Здобувача вищої освіти Гордієвський Кирило Русланович
(ПІБ)
академічної групи 123М-24-1
(шифр)
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»
(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування структури та параметрів комп'ютерної системи компанії з розробки та продажу програмного забезпечення з детальним опрацюванням безпеки корпоративної мережі»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Шедловський І.А.			
розділів:				
синтез комп'ютерної системи	доц. Бешта Д.О.			
Програмне забезпечення комп'ютерної системи	ас. Панферова Я.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			

Дніпро
2025

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
 (повна назва)

_____ В.В. Гнатушенко
 (підпис) (ініціали, прізвище)
 « _____ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
 (бакалавра, магістра)

здобувача вищої освіти Гордієвський К.Р. академічної групи 123М-24-1
 (прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

за освітньою-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»
 (офіційна назва)

на тему «Обґрунтування структури та параметрів комп'ютерної системи компанії з розробки та продажу програмного забезпечення з детальним опрацюванням безпеки корпоративної мережі», затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 13 жовтня 2025 р. №1165/с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів практик, інших науково-технічних джерел сформулювати наукове завдання, конкретизувати предмет та мету досліджень	10.10.2025
Теоретичний	Обґрунтувати теоретичну базу структури та параметрів комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» на основі математичної моделі мережі з застосуванням теорії масового обслуговування	24.10.2025
Синтез системи	Розробка комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» та моделювання її роботи на основі математичної моделі мережі з застосуванням теорії масового обслуговування	14.11.2025
Розроблення програмного забезпечення	Розробка програмного забезпечення математичної моделі комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» на основі математичної моделі мережі з застосуванням теорії масового обслуговування	28.11.2025
Експериментальний розділ	Проведення і обробка результатів експериментів з моделювання комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» на основі математичної моделі мережі з застосуванням теорії масового обслуговування	05.12.2025

Завдання видано _____
 (підпис керівника)

Дата видачі 08 вересня 2025 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання _____
 (підпис здобувача вищої освіти)

доц. Шедловський І.А.
 (ініціали, прізвище)

10.12.2025 р.

Гордієвський К.Р.
 (ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 80 с., 29 рис., 4 табл., 1 дод., 10 джерел.

КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА, МЕРЕЖЕВИЙ ВУЗОЛ, МОДЕЛЬ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ШКІДЛИВЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Об'єкт дослідження: комп'ютерна система компанії з розробки та продажу програмного забезпечення ТОВ «Інфотех» м. Дніпро з детальним опрацюванням безпеки корпоративної мережі на основі математичної моделі мережі, побудованої з застосуванням теорії масового обслуговування.

Мета: Синтез комп'ютерної системи компанії з розробки та продажу програмного забезпечення ТОВ «Інфотех», пошук мережевих вузлів, які найбільше перевантажені інформаційно, визначення сприятливих інформаційних умов для стабільної експлуатації мережі, вибір технічних показників і функціональних властивостей для мережевих пристроїв, фіксація умов, при яких може виникнути погіршення властивостей комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех». Розробка рекомендацій щодо вибору параметрів мережевих вузлів комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех», що гарантуватиме її надійність і стійкість в роботі при значному інформаційному навантаженні.

Новизна роботи: використання математичної моделі для перевірки стійкості мережі комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех». Математична модель мережі розроблена з застосуванням теорії масового обслуговування, яка призначена виявлення «проблемних мережевих вузлів» при вибуховому інформаційному навантаженні. Дослідження різних шляхів для вдосконалення комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех».

Практичний результат: Розробка надійної комп'ютерної система ТОВ «Інфотех», яка є відкритою для технічної та програмної модернізації. Оперативний та надійний пошук недоліків, перевірка модернізованої комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех».

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1 Стан питання і завдання дослідження.....	11
1.1 Загальна відомості.....	11
1.2 Галузь застосування комп’ютерної системи	12
1.2.1 Бізнес-модель надання послуг програмного забезпечення	13
1.2.2 Процес розробки програмного забезпечення.....	13
1.2.3 Основні етапи розробки ПЗ.....	16
1.3 Технології збору, передачі інформації комп’ютерної системи ТОВ «Інфотех»	17
1.3.1 Комп’ютерні системи: доступність, роль і взаємодія в сучасному світі.....	17
1.3.2 Інформаційна безпека	21
1.4 Структура управління ТОВ «Інфотех»	23
1.4 Завдання	25
2 Теоретичні основи дослідження	28
2.1 Огляд методів моделювання комп’ютерних мереж	28
2.2 Імітаційні дослідження комп’ютерних мереж	29
2.2.1 Передача даних окремим користувачам	29
2.2.2 Системи дослідження методом моделювання та отримання результатів	30
2.2.3 Внутрішні вимірювальні інструменти	31
2.2.4 Аналітичні методи оцінювання діяльності.....	32
2.2.5 Надійність мережі	34
2.3 Імітаційна модель комп’ютерної системи ТОВ «Інфотех»	35
2.4 Проектування комп’ютерної системи ТОВ «Інфотех» м. Дніпро на базі обладнання Cisco	35
2.4.1 Розрахунок підмережі LAN2.....	37
2.4.1.1 Розрахунок пропускної здатності підмережі LAN2	37
2.4.1.2 Розрахунок максимального навантаження на комутатор	38

	5
2.4.1.3 Розрахунок інтенсивності вихідного трафіку	38
2.4.1.4 Розрахунок коефіцієнта затримки та зайнятості комутатора	39
2.4.1.5 Розрахунок середньої затримки кадру та довжини черги.....	39
2.5 Висновки	40
3 Синтез системи	41
3.1 Аналіз об'єкта розробки	41
3.2 Формування вимог до комп'ютерної системи	41
3.2.1.2 Персонал та режим роботи.....	42
3.2.1.3 Надійність та безпека.....	42
3.2.1.4 Експлуатація та технічне обслуговування.....	42
3.2.1.5 Захист інформації.....	43
3.2.1.6 Патентна чистота.....	43
3.2.1.7 Стандартизація та уніфікація	43
3.2.2 Забезпечення системи	43
3.2.2.1 Інформаційне забезпечення	43
3.2.2.2 Технічне забезпечення	43
3.2.2.3 Організаційне забезпечення	43
3.2.2.4 Нормативно-технічна документація	44
3.3 Топологічна схема комп'ютерної системи	44
3.4 Функціональна схема комп'ютерної системи	47
3.5 Вибір елементної бази комп'ютерної системи.....	49
3.6 Висновки за розділом.....	49
4 Програмне забезпечення для моделювання комп'ютерних мереж.....	50
4.1 Мета та область застосування програми.....	50
4.2 Технічні вимоги та параметри програми	51
4.2.1 Завдання на розробку	51
4.2.2 Системні вимоги.....	51
4.2.3 Вхідні та вихідні дані.....	51
4.2.4 Апаратні вимоги	52

	6
4.3 Опис роботи програми.....	52
4.3.1 Загальні принципи.....	52
4.3.2 Алгоритм розрахунку	52
4.3.3 Логічна структура програми	53
4.3.4 Цикл роботи програми.....	53
4.4 Висновки	53
5 Експериментальні дослідження та моделювання комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех»	54
5.1 Розробка математичної моделі мережі	54
5.2 Розрахунок параметрів моделі мережі.....	58
5.2.1 Параметри роботи мережі ТОВ «Інфотех» в стандартному режимі (без впливу шкідливого ПЗ).....	61
5.2.2 Параметри роботи мережі під впливом вірусних програм	65
5.2.2.1 Шкідливе ПО	65
5.2.3 Моделювання роботи мережі ТОВ «Інфотех» в умовах впливу шкідливого вірусного ПЗ.....	68
5.3 Висновки по розділу	71
Висновки	73
Перелік посилань.....	75
Додаток А. Текст програми програмно-технічної реалізації моделі комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех»	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АРМ – автоматизоване робоче місце;

КС – комп'ютерна система;

КМ – корпоративна мережа;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – персональний комп'ютер;

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю;

ЦП – цифровий підпис.

Ethernet – технологія передачі даних по мережі;

ІТ – інформаційні технології;

Wi-Fi – технологія бездротової локальної мережі;

ВСТУП

Комп'ютерні мережі, особливо Інтернет, утворюють складні системи, які мають великий вплив на суспільство. Багато проблем або навіть припинення роботи виникало через недостатнє використання імітаційних та аналітичних моделей, щоб оцінити якість таких систем. У наукових працях було розглянуто певні методи, які застосовуються сьогодні, і зазначені деякі проблеми досліджень та оптимізації стійкості, без урахування проблем з продуктивністю систем. Навіть якщо засоби виконання відповідають вимогам, помітно, що прилади часто застарілі [1].

Товариство з обмеженою відповідальністю «Інфотех» - це сучасна компанія, яка відчуває ріст.

Послуги з інформаційних технологій (ІТ) стали необхідною частиною кожного бізнесу. Швидкий розвиток технологій привів до значних змін в тому, як функціонують та конкурують компанії. Від підтримки технологічної інфраструктури до збільшення захисту, ІТ-послуги мають велике значення для забезпечення безперебійного роботи та розвитку підприємства.

Мета і завдання роботи дослідження. *Метою роботи є удосконалення комп'ютерної системи мережі ТОВ «Інфотех» на основі моделі мережі масового обслуговування.*

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- визначити закономірності, що найбільше впливають на інформаційне перевантаження системи;
- визначити ефект, який можна отримати при застосуванні цих закономірностей;
- визначити основний практичний результат, який буде досягнутий при використанні моделі мережі масового обслуговування;
- виявити мережеві вузли, які можуть найбільше постраждати від інформаційного перевантаження;
- визначити необхідні параметри для мережевих пристроїв для реалізації поліпшеної системи;

– розробити рекомендації щодо модернізації системи для підвищення її стійкості до перевантажень.

Об'єкт дослідження – програмна та технічна реалізація комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех».

Предмет дослідження – структура комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех», її інформаційні властивості, а також технічні можливості мережевого апаратного забезпечення.

Методи дослідження. Для виконання дослідження використовуються методи теорії масового обслуговування. Для цього розроблено математичну модель комп'ютерної системи мережі ТОВ «Інфотех», використовуючи принципи теорії масового обслуговування. Проведено детальне дослідження властивостей комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» з різними параметрами інформаційного середовища при застосуванні різних мережевих пристроїв.

Наукові положення:

1. Комп'ютерна мережа підприємства може бути адекватно описана як мережа масового обслуговування, у якій інформаційні потоки розглядаються як заявки, а мережеві вузли;

2. Інформаційне перевантаження комп'ютерної системи зумовлюється нерівномірним розподілом інтенсивностей інформаційних потоків, що призводить до утворення «вузьких місць» у мережевих вузлах та зниження загальної продуктивності системи;

3. Використання математичних моделей теорії масового обслуговування дозволяє кількісно оцінити показники ефективності мережі, зокрема середній час затримки, довжину черг, імовірність відмови.

Наукові результати:

1. Розроблено математичну модель комп'ютерної системи мережі ТОВ «Інфотех», побудовану на основі теорії масового обслуговування, яка враховує інтенсивність інформаційних потоків, пропускну здатність мережевих вузлів та структуру мережі.

2. Виявлено критичні мережеві вузли, які при зростанні інформаційного навантаження першими переходять у режим перевантаження

3. Кількісно оцінено ефект від застосування моделі мережі масового обслуговування, що дозволило прогнозувати поведінку комп'ютерної системи.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується тим, що в роботі: використані моделі системи, розробленої на основі математичних методів теорії масового обслуговування, для виявлення «слабких місць» в мережі при сильному інформаційному перевантаженні та пошуку шляхів її вдосконалення.

Практичне значення отриманих результатів полягає в науковій розробці, що моделює комп'ютерну систему ТОВ «Інфотех», та показує її ефективність у різних режимах.

1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальна відомості

Комп'ютерні системи - це фундамент сучасного цифрового середовища, без якого важко уявити повсякденне життя. Вони об'єднують як апаратні компоненти (процесори, оперативну пам'ять, накопичувачі), так і програмне забезпечення, що дозволяє обробляти, зберігати та передавати дані. Ці системи стали основою для більшості технологій - від смартфонів і побутової техніки до автомобілів та промислового обладнання.

У цифрову епоху значення ІТ-систем важко переоцінити. Вони забезпечують електронну комерцію, глобальну комунікацію, аналіз великих даних, що революціонізувало медицину, науку, бізнес та інші сфери. Саме завдяки ІТ-системам з'явилися універсальні пристрої на кшталт смартфонів, а цифрова трансформація змінила спосіб життя, роботи та взаємодії людей. Розуміння принципів роботи комп'ютерних систем сьогодні є необхідною умовою для успішної адаптації до викликів сучасності.

Програмний бізнес (Software Business) - це галузь ІТ-індустрії, що спеціалізується на створенні, продажу та супроводі програмних продуктів і послуг. Він відрізняється від традиційних видів бізнесу і може включати як розробку власного ПЗ, так і надання спеціалізованих послуг. Компанії в цій сфері зазвичай поділяють на розробників програмного забезпечення (постачальників) та ті, що орієнтовані на продукти або послуги.

Сучасна розробка програмного забезпечення часто базується на гнучких методологіях, які передбачають короткі цикли (ітерації) з поступовим впровадженням функціоналу. Кожна ітерація включає аналіз вимог, планування, проєктування, написання коду, тестування, документування та впровадження - це дозволяє ефективно реалізовувати навіть найскладніші ІТ-проєкти (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Принцип ітеративної розробки програмного забезпечення для ІТ-проектів

Головною перевагою гнучкої методології розробки ПЗ є можливість швидкого та постійного обміну зворотним зв'язком між командою розробників і замовником. Це дозволяє оперативно вносити зміни та доповнювати вимоги, які відразу враховуються в кінцевому продукті. Багато фахівців вважають такий підхід найефективнішим сучасним рішенням, оскільки він мінімізує ризики та значно підвищує результативність реалізації проєкту.

1.2 Галузь застосування комп'ютерної системи

Бізнес-модель розробки та продажу програмного забезпечення

У сфері Software Business компанії, що розробляють програмне забезпечення, зазвичай спеціалізуються на створенні та реалізації ПЗ з урахуванням конкретних вимог або потреб клієнтів. У рамках цієї бізнес-моделі розробники надають ліцензії на встановлення та використання програм у інфраструктурі замовника. Основним джерелом прибутку в такому виді бізнесу є програмний виріб [3].

1.2.1 Бізнес-модель надання послуг програмного забезпечення

У сфері ІТ-сервісів компанії, що спеціалізуються на програмному забезпеченні, надають клієнтам не лише готове ПЗ, а й комплексні послуги з його впровадження, супроводу та технічної підтримки. Такий підхід передбачає надання ліцензій, хмарних рішень, консультацій, інтеграцію з існуючими системами та постійне оновлення функціоналу відповідно до потреб бізнесу замовника.

Основні джерела доходу в цій моделі формуються завдяки абонентській платі (саас-рішення), разовим платежам за впровадження, технічному обслуговуванню та індивідуальній розробці програмних продуктів. Це дозволяє компаніям будувати довгострокові партнерські відносини з клієнтами та адаптуватися до змінних вимог ринку.

Модель бізнесу надання ІТ-консалтингу та послуг з програмного забезпечення. У цьому сегменті програмного бізнесу клієнти або замовники звертаються до компаній-розробників за професійними послугами: консультаціями з питань програмного забезпечення, технічною підтримкою, оптимізацією існуючих систем або розробкою індивідуальних рішень. Головна відмінність цієї моделі полягає в тому, що компанії фокусуються на наданні експертних послуг власникам ПЗ, а не на створенні програмних продуктів з нуля.

Основне джерело доходу таких компаній - це регулярні платежі за надані послуги, технічний супровід, консалтинг або проєктну роботу на замовлення. Такий підхід дозволяє будувати гнучкі та довгострокові відносини з клієнтами, адаптуючись до їхніх поточних потреб [3].

1.2.2 Процес розробки програмного забезпечення

Процес розробки програмного забезпечення - це структурований підхід до створення, тестування та впровадження програмних продуктів, який включає кілька ключових етапів:

1. Збір та аналіз вимог. Визначення потреб замовника, формулювання технічного завдання та узгодження функціональних і нефункціональних вимог до майбутнього ПЗ.

2. Проектування. Розробка архітектури системи, створення прототипів інтерфейсів, вибір технологічного стеку та планування структури даних.

3. Розробка (кодування). Безпосереднє написання програмного коду, реалізація функціоналу згідно з вимогами та стандартами якості.

4. Тестування. Перевірка програмного забезпечення на наявність помилок, валідація функціоналу, тестування продуктивності, безпеки та сумісності.

5. Впровадження (деплоймент). Розгортання готового ПЗ в робочому середовищі, навчання користувачів та забезпечення технічної підтримки.

6. Супровід та розвиток. Оновлення, виправлення помилок, масштабування функціоналу та адаптація до змінних потреб користувачів.

Цей процес може реалізовуватися за різними методологіями - від каскадної моделі до гнучких підходів (Agile, Scrum, Kanban), залежно від специфіки проєкту та вимог замовника.

Розробка програмного забезпечення - це комплексний процес створення, впровадження та підтримки програмних продуктів, який охоплює всі етапи: від формулювання ідеї до випуску готового рішення. Він включає задум, проектування, деталізацію вимог, програмування, документування, тестування, виправлення помилок, а також супровід і розвиток додатків, фреймворків або інших програмних компонентів.

Основні аспекти процесу:

- документування та підтримка коду невід'ємна частина розробки, яка забезпечує прозорість і можливість подальшого розвитку продукту;

- системний підхід охоплює все, що стосується концепції, планування та реалізації програмного забезпечення, іноді з використанням структурованих методологій;

- різноманітні види діяльності дослідження, повторне використання існуючих рішень, модифікація, прототипування, реінжиніринг, нова розробка, технічне обслуговування тощо.

Основні цілі розробки ПЗ - спеціалізоване ПЗ створюється для задоволення конкретних потреб клієнта, бізнесу або організації; комерційне або відкрите ПЗ призначене для широкого кола користувачів з урахуванням їхніх вимог; особисте ПЗ розробляється для індивідуального використання.

З метою підвищення якості процесів розробки ПЗ програмна інженерія застосовує системний інженерний підхід до створення програмних продуктів, яка спрямована на структурування, планування та контроль всіх етапів розробки, забезпечуючи ефективність і надійність кінцевого результату.

Процес розробки ПЗ - це каркас, який допомагає організувати, планувати та керувати створенням програмних рішень на всіх рівнях.



Рисунок 1.2 – Програмна інженерія як системний підхід до розробки ПЗ

Програмна інженерія - застосовує системні інженерні принципи до процесу створення, впровадження та супроводу ПЗ з головною метою - забезпечення структурованості, передбачуваності і контролю на всіх етапах життєвого циклу ПЗ, формулювання вимог для випуску та підтримки готового продукту.

Основні принципи програмної інженерії:

- системний аналіз - глибоке вивчення вимог, ризиків та обмежень проєкту;
- моделювання та проєктування - використання архітектурних паттернів, UML-діаграм та інших інструментів для створення надійних і масштабованих рішень;
- стандартизація процесів - впровадження методологій (наприклад, Agile, DevOps, Waterfall) для оптимізації розробки та управління проєктами;
- контроль якості - застосування практик тестування (юніт-тести, інтеграційне тестування, CI/CD) для мінімізації помилок і підвищення надійності ПЗ;
- документування - ведення повної та актуальної документації для забезпечення прозорості та підтримки продукту.

Переваги системного підходу:

- зниження ризиків - завдяки чіткому плануванню та управлінню змінами;
- підвищення ефективності - оптимізація ресурсів і термінів розробки;
- гнучкість та масштабованість - можливість адаптуватися до змінних вимог і розширювати функціонал;
- висока якість кінцевого продукту - завдяки стандартизованим процесам і контролю на кожному етапі.

Програмна інженерія перетворює хаотичний процес написання коду на організовану, керовану і передбачувану діяльність, що дозволяє створювати надійні, безпечні та ефективні програмні рішення.

1.2.3 Основні етапи розробки ПЗ

У більшості сучасних методологій розробки ПЗ виділяють такі ключові етапи:

1. Аналіз проблеми - визначення основних викликів, потреб і цілей, які має вирішити майбутнє програмне рішення.
2. Дослідження ринку - вивчення існуючих аналогів, трендів та очікувань цільової аудиторії для формування конкурентних переваг продукту.
3. Збір та аналіз вимог - детальне вивчення і формалізація функціональних та нефункціональних вимог до програмного рішення від замовника та кінцевих користувачів.

4. Проектування (дизайн) - розробка архітектури, інтерфейсів, структури даних та технічної документації, яка стане основою для подальшого кодування.

5. Реалізація (кодування) - безпосереднє написання програмного коду згідно з затвердженим проектом і стандартами якості.

6. Тестування та зворотний зв'язок - перевірка програмного забезпечення на наявність помилок, валідація функціоналу, оцінка продуктивності та збір відгуків від тестувальників і користувачів.

7. Розгортання (деплоймент) - встановлення та налаштування програмного забезпечення в робочому середовищі, навчання користувачів та забезпечення готовності системи до експлуатації.

8. Технічна підтримка та розвиток — постійне оновлення, виправлення виявлених помилок, масштабування функціоналу та адаптація продукту до змінних потреб бізнесу або користувачів.

Ці етапи можуть варіюватися залежно від обраної методології (наприклад, Agile, Waterfall, DevOps), але їхня послідовність забезпечує системний підхід до створення якісного програмного забезпечення.

1.3 Технології збору, передачі інформації комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех»

1.3.1 Комп'ютерні системи: доступність, роль і взаємодія в сучасному світі

Комп'ютерні системи створені не лише для фахівців у галузі технологій - вони призначені для всіх користувачів, незалежно від рівня технічної підготовки. Хоча високопродуктивні системи можуть бути дорогими, на ринку існує безліч доступних рішень для будь-якого бюджету. Крім того, хмарні технології значно знижують витрати на обладнання, роблячи ІТ-послуги ще доступнішими.

Поширені міфи та реальність:

Міф - комп'ютерні системи потрібні лише великим компаніям.

Реальність - навіть малий бізнес може значно підвищити ефективність, заощадити час і гроші, а також залишатися конкурентоспроможним завдяки правильно підібраним ІТ-рішенням.

Основні компоненти комп'ютерних систем - апаратне забезпечення це фізичні пристрої, які складають комп'ютерну систему: монітор, клавіатура, миша, принтер, динаміки.

Центральний процесор (ЦП) - «мозок» комп'ютера, який виконує всі обчислення та обробку даних.

Програмне забезпечення - нематеріальна, але критично важлива частина системи:

Операційні системи (Windows, Linux, Mac OS).

Програми (Microsoft Office, Adobe Photoshop, браузері тощо).

Драйвери - забезпечують коректну роботу апаратного забезпечення.

Дані - інформація, яка обробляється системою: від простих текстових файлів до складних корпоративних баз даних.

Користувачі - люди, які взаємодіють з комп'ютером - від звичайних користувачів (електронна пошта, соціальні мережі) до ІТ-фахівців (програмування, підтримка мереж).

Роль ІТ-систем у цифровому світі: Комп'ютерні системи - це двигун цифрового світу, який керує всім: від смартфонів до складних систем штучного інтелекту. В їх основі лежить програмне забезпечення - набори інструкцій, які визначають, як система взаємодіє з користувачем і обробляє дані.

Формати даних - спосіб, у якому комп'ютерні системи сприймають і обробляють інформацію, впливає на взаємодію з користувачем.

Адаптивність - завдяки технологіям штучного інтелекту та машинного навчання сучасні системи вчаться на взаємодії з користувачем, пропонуючи більш персоналізований досвід.

Взаємодія між комп'ютерними системами та цифровим світом - це складний процес обробки інструкцій, даних і програм, який постійно еволюціонує. Сучасні

системи не лише пасивно виконують команди, а й адаптуються, роблячи технології більш зручними, ефективними та доступними для кожного.



Рисунок 1.3 – Штучний інтелект

Комп'ютерні системи це сучасна трансформація бізнесу, освіти та суспільства в цифрову епоху. Комп'ютерні системи обробляють, зберігають і передають інформацію з високою швидкістю та ефективністю, відкриваючи нові можливості для бізнесу, освіти та повсякденного життя.

Ключові переваги комп'ютерних систем:

1. Обробка даних - аналіз великих обсягів інформації з різних джерел, що дозволяє отримувати повну картину діяльності компанії та приймати обґрунтовані рішення.

2. Зберігання даних - оперативний доступ до історичної інформації для виявлення тенденцій та закономірностей, що допомагає прогнозувати майбутні тренди.

3. Передача даних - гарантована доставка інформації потрібним людям у потрібний час, що критично важливо для стратегічного управління та прийняття рішень.

Комп'ютерні системи стали незамінним інструментом для будь-якого бізнесу, який прагне процвітати в цифрову епоху. Якщо ви ще не інтегрували сучасні ІТ-рішення - саме час це зробити.

Інновації та вплив на різні сфери:

1. Штучний інтелект та персоналізація. Технології ШІ змінюють правила гри, дозволяючи створювати персоналізовані рішення, які адаптуються до потреб користувачів. Це стосується як бізнесу, так і освіти, медицини та інших галузей.

2. Освіта: доступність та індивідуалізація. Комп'ютерні системи революціонізували освіту:

- онлайн-навчання та віртуальні класи зробили освіту доступнішою для всіх.
- алгоритми машинного навчання адаптують навчальний процес під індивідуальні потреби кожного учня, пропонуючи персоналізовані ресурси на основі їхніх сильних сторін і слабких місць.

3. Електронна комерція та бізнес: ІТ-системи сприяли зростанню e-commerce, дозволяючи компаніям:

- продавати продукцію глобально, незалежно від географічного розташування.
- ефективно керувати запасами та онлайн-платежами.
- оптимізувати логістику та клієнтський досвід.

4. Вплив на ринок праці, так як з розвитком комп'ютерних систем зростає попит на нові навички:

- програмування, розробка ПЗ, кібербезпека - ключові напрямки для кар'єрного зростання.
- автоматизація складних та повторюваних завдань підвищує продуктивність у промисловості, медицині та освіті.

Виклики та перспективи:

1. Етичні питання.

2. Еволюція ІТ-систем породжує важливі етичні дилеми: відповідальність за помилки ШІ - хто несе відповідальність, якщо система приймає неправильне рішення?; використання технологій на благо суспільства, а не для маніпуляцій або шкоди.

3. Кібербезпека та управління ризиками: Інтеграція фреймворків кібербезпеки з інструментами управління ризиками та комплаєнсу (GRC) стає критично важливою для організацій. Ці інструменти допомагають:

- підвищити прозорість, послідовність і точність обробки даних.
- автоматизувати робочі процеси та сповіщення про ризики.
- залучати зацікавлені сторони, створюючи культуру комплаєнсу та обізнаності про ризики на всіх рівнях.

Комп'ютерні системи не стоять на місці - вони постійно розвиваються, впливаючи на всі сфери життя. Штучний інтелект, хмарні технології, кібербезпека та персоналізація відкривають нові горизонти, але також вимагають відповідального підходу до їхнього впровадження.

Цифрові послуги (наприклад, хмарні обчислення, онлайн-маркетплейси, пошукові системи) стають основою сучасного бізнесу та суспільства. Головне питання: як ми використовуємо ці технології, щоб зробити світ кращим?

1.3.2 Інформаційна безпека

У галузі кібербезпеки існує безліч нормативних рамок і стандартів, які допомагають організаціям підвищувати рівень захисту своїх систем. Ці рамки передбачають систематичний підхід до управління ризиками, дотримання законодавчих норм та впровадження ефективних процедур, адаптованих до специфіки кожної галузі. Нижче наведено ключові нормативні акти та стандарти, що регулюють цю сферу:

Основні нормативні акти та стандарти кібербезпеки, нормативні акти та стандарти:

1. NIS2 - Оновлена директива ЄС щодо мережевої та інформаційної безпеки. Розширює сферу застосування вимог щодо безпеки та звітності про інциденти на нові галузі та сектори. Мета — підвищити стійкість мереж та інформаційних систем у межах ЄС.

2. DORA - Закон про цифрову операційну стійкість, спрямований на фінансовий сектор ЄС. Вимога до організацій — забезпечити захист від порушень та загроз у сфері ІКТ, ефективно керувати ІТ-ризиками, звітувати про інциденти та проводити тести на стійкість.

3. NIST 2.0 - Оновлена структура кібербезпеки NIST (CSF), яка пропонує рекомендації та стратегії для покращення захисту в усіх сферах діяльності організації. Включає методи виявлення, оцінки та управління ризиками кібербезпеки.



Рисунок 1.4 – Стандарт інформаційної безпеки

Стандарти інформаційної безпеки, нормативні акти та стандарти:

1. ISO 27001 - Міжнародний стандарт, що визначає вимоги до впровадження, підтримки та вдосконалення системи управління інформаційною безпекою (СУІБ). Передбачає вибір засобів контролю, адаптованих до бізнес-ризиків організації.

2. BSI IT-Grundschutz - Базовий каталог захисту, розроблений Федеральним відомством інформаційної безпеки Німеччини (BSI). Містить детальну методологію для структурування СУІБ з урахуванням комплексних вимог до ІТ-систем та процесів безпеки.

Ключові принципи кібербезпеки:

1. Комплаєнс - інструменти, що допомагають організаціям дотримуватися законодавчих і нормативних вимог.

2. Надійність - необхідність встановлення принципів безпеки всередині та за межами організації через прозорі зобов'язання щодо кібербезпеки.

Конкурентна перевага - компанії, які активно впроваджують заходи кібербезпеки, не лише захищаються від атак, але й отримують стратегічні переваги на ринку.

Перспективи розвитку:

1. Розширення діяльності компаній, таких як ТОВ «Інфотех», сприятиме впровадженню надійних практик кібербезпеки в інших організаціях. Основними складовими успіху є:

2. Управління ризиками - аналіз, оцінка та пом'якшення ризиків за допомогою відповідних заходів.

3. Управління інцидентами - ефективні процедури реагування та пом'якшення наслідків кіберінцидентів.

4. Безперервність бізнесу - резервне копіювання, відновлення після збоїв та управління кризовими ситуаціями.

5. Безпека ланцюга постачання - контроль за діловими відносинами та залежностями між компанією та її постачальниками.

6. Контроль доступу та управління активами - заходи безпеки, що включають навчання, криптографію, принцип мінімальних привілеїв та розподіл обов'язків.

Дотримання законодавчих вимог дозволяє організаціям не лише підтримувати високі стандарти безпеки, але й активно протистояти постійно еволюціонуючим кіберзагрозам.

1.4 Структура управління ТОВ «Інфотех»

ТОВ «Інфотех» взаємодіє з двома основними типами партнерів:

ІТ-клієнти - одержувачі ІТ-послуг, які можуть бути як внутрішніми (відділи компанії), так і зовнішніми (сторонні організації).

Загальна організація - структура, яка інтегрує ІТ як одну з багатьох сфер діяльності (наприклад, маркетинг, виробництво). Вона може збігатися з ІТ-клієнтом, але не завжди.

Внутрішні ІТ-послуги надаються спеціалізованим відділам компанії, яка представляє всю організацію.

Зовнішні ІТ-послуги можуть надаватися стороннім клієнтам, наприклад, управлінським консультантам, які не є частиною організації.

Крім того, ТОВ «Інфотех» активно співпрацює з додатковими партнерами - постачальниками або споживачами послуг. У цьому контексті акцент робиться на ефективній інтеграції процесів, а не на маркетингу.

ТОВ «Інфотех» не лише підтримує спеціалізовані відділи, але й активно створює нові бізнес-можливості завдяки інноваційним технологіям. ІТ-стратегія компанії визначає напрямки розвитку, а ІТ-контролінг допомагає оцінювати прогрес у досягненні стратегічних цілей.

Стабільність - ключові напрямки управління ІТ не залежать від поточних дискусій і залишаються актуальними.

Актуальні завдання - відображають сучасний погляд на управління ІТ, зокрема розвиток ІТ як постачальника послуг.

Таблиця 1.1 - Ключові напрямки управління ІТ

Напрямок	Опис
Управління ІТ-послугами (ITSM)	Узгодження ІТ з потребами клієнтів. ІТ розглядається як постачальник послуг, який надає конкретні рішення за визначену ціну.
Управління ІТ-ризиками та відповідністю (IT-GRC)	Оцінка та управління ризиками, а також дотримання нормативних вимог (законодавство, угоди з клієнтами та постачальниками).
Управління ІТ-ресурсами	Контроль технічних компонентів (апаратне та програмне забезпечення) та персоналу (включаючи фрілансерів і співробітників інших компаній).
Управління ІТ-програмами та портфелем	Об'єднання ІТ-послуг у зони обслуговування (наприклад, розробка програм, мережева експлуатація). Оцінка послуг на відповідність стратегічним цілям.
Управління архітектурою підприємства (ЕАМ)	Комплексний розвиток архітектури організації, включаючи ІТ та інші сфери діяльності.
Кібербезпека	Забезпечення належного рівня безпеки в усіх сферах діяльності.

Командна структура ТОВ «Інфотех» базується на самостійних командах, які:

- працюють над спільними цілями, одночасно виконуючи індивідуальні завдання;

- включають спеціалістів різних профілів (менеджери, постачальники, технологи, фінансисти);

- швидко обмінюються ідеями завдяки регулярній взаємодії;

- мають доступ до інформації з інших відділів організації.

Переваги структури:

- гнучкість - дозволяє оперативно вирішувати поточні проблеми;
- відсутність надмірної ієрархії - сприяє швидкому прийняттю рішень у команді.

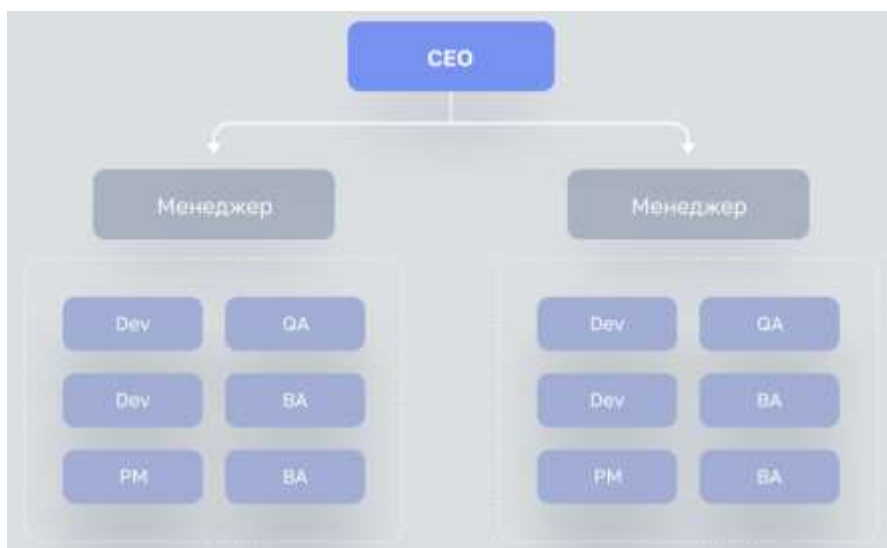


Рисунок 1.5 – Організаційна структура ТОВ «Інфотех»

Ця структура забезпечує ефективне управління ІТ, узгодження з бізнес-стратегією та активну адаптацію до змін у галузі. Переваги організаційної структури ТОВ «Інфотех»:– всі співробітники добре мотивовані і повністю залучені до спільного проекту;– дуже швидке прийняття рішень;– значна гнучкість та адаптивність до проєктної мети.

Недоліки організаційної структури ТОВ «Інфотех»:

- часто потребує сумісних команд;
- не завжди підходить для проєктної мети;
- роботу різних команд буває складно узгодити між собою.

Для вдалого використання організаційної структури ТОВ «Інфотех» слід поєднати команду фахівців за допомогою комп'ютерної мережі, як це визначено завданням до кваліфікаційної роботи з синтезу комп'ютерної системи компанії з розробки та продажу програмного забезпечення ТОВ «Інфотех» м. Дніпро.

1.4 Завдання

Для забезпечення високого рівня кібербезпеки та надійності цифрової інфраструктури компанії ТОВ «Інфотех», яка займається розробкою та продажем

програмного забезпечення, необхідно створити комп'ютерну систему з такими характеристиками:

Основні вимоги до системи:

- стійкість до кіберзагроз - система повинна забезпечувати захист від сучасних кіберзагроз та інцидентів, гарантуючи безпеку мереж та інформаційних систем;
- високий рівень безпеки - забезпечення захисту даних, конфіденційності та цілісності інформації в цифровій інфраструктурі;
- надійність роботи - система повинна функціонувати стабільно навіть за умов підвищеного інформаційного навантаження.

Для обґрунтування структури та параметрів комп'ютерної системи необхідно:

- проаналізувати продуктивність мережі в умовах номінальної експлуатації;
- визначити можливості системи при інформаційному перенавантаженні.

Для надійної оцінки продуктивності комп'ютерної мережі слід враховувати такі параметри:

- швидкодія мережевих пристроїв - характеристики маршрутизаторів, комутаторів та інших мережевих компонентів;
- технічні параметри ПЗ - вимоги до програмного забезпечення, що використовується в системі;
- параметри безпеки передачі даних - методи шифрування, аутентифікації та захисту інформації в мережі;
- інтенсивність потоків даних - обсяг даних, що передаються через мережу за одиницю часу;
- обмеження на виконання ПЗ - вимоги до продуктивності програмного забезпечення в реальному часі;
- продуктивність каналів передачі даних - пропускна здатність мережевих каналів;
- шкідливі впливи вірусних програм - ризики, пов'язані з вірусними атаками та іншими кіберзагрозами;

- наявність резервних каналів - додаткові канали для передачі даних у разі збоїв основних.

Для визначення межі інформаційного навантаження, при якому система зможе повноцінно функціонувати з мінімальною затримкою, необхідно:

- провести дослідження на основі моделі мережі масового обслуговування;
- визначити максимальне навантаження, при якому система зберігає стабільну роботу.

Очікуваний результат:

- поліпшення роботи комп'ютерної мережі при підвищеному інформаційному навантаженні;

- зменшення затримок у обробці запитів.

Ці заходи дозволять створити надійну та ефективну комп'ютерну систему, яка відповідатиме вимогам сучасних кіберзагроз та забезпечуватиме високий рівень безпеки для ТОВ «Інфотех».

2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У даній магістерській роботі, присвяченій обґрунтуванню архітектури та параметрів комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех», ключовим завданням є визначення режимів інформаційного навантаження на мережеве обладнання. Інтенсивність цього навантаження безпосередньо залежить від складності програмного забезпечення, що експлуатується. Для точного аналізу та оцінки навантаження застосовується математичний апарат теорії систем масового обслуговування (СМО), який дозволяє моделювати процеси обробки інформаційних потоків у мережевих пристроях. Це дає змогу аналізувати черги на вході компонентів комп'ютерної мережі (КМ) та оптимізувати їхню роботу.

2.1 Огляд методів моделювання комп'ютерних мереж

Сучасні комп'ютерні мережі, включаючи Інтернет, є складними системами, дослідження яких вимагає застосування імітаційного та аналітичного моделювання. Проте на практиці розробники та адміністратори мереж часто ігнорують ці методи, віддаючи перевагу простим рішенням, наприклад, оновленню апаратного забезпечення.

Існують різноманітні інструменти для моделювання дискретних подій, деякі з яких спеціалізовані для імітації розподілених систем у реальному часі. Це економічно ефективний та результативний підхід. Крім того, доступні зовнішні засоби вимірювання параметрів мережі, а також внутрішні інструменти, призначені для проектування та експлуатації глобальних мереж.

Однак традиційні методи аналітичного моделювання часто виявляються недостатніми для сучасних комп'ютерних мереж. Це призводить до необхідності використання досвіду реальних проєктів та врахування об'єктивних факторів при виборі топології розподілених систем.

Кількість симуляційних досліджень у світі зростає стрімко. Наприклад, пошуковий запит щодо моделювання дискретних систем дає понад 150 000

результатів. Існують спеціалізовані мови програмування для моделювання, такі як SIMULA, SIMSCRIPT, GPSS/H, NS та інші. Проте їхня обчислювальна ефективність часто недостатня для великомасштабних систем.

Для вирішення цих проблем пропонуються допоміжні засоби моделювання або тренажери для певних класів об'єктів, наприклад, NETSIM, NIST, INSANE, OPNET, SimuNet та інші. Однак спеціалізовані мови програмування та універсальні симулятори рідко застосовуються для нових мереж, оскільки вони не завжди відповідають сучасним вимогам.

2.2 Імітаційні дослідження комп'ютерних мереж

2.2.1 Передача даних окремим користувачам

Одне з досліджень було присвячене комп'ютерній системі управління мережею для промислових підприємств. Метою було прискорення передачі технологічної інформації на окремі робочі станції для зменшення міжопераційних затримок, що критично важливо для виробництва. Крім того, система мала забезпечувати автоматичний збір даних, ведення журналів та аварійний контроль.

Важливою вимогою було гарантувати, що жодна заготовка не буде втрачена комп'ютером. Також необхідно було визначити середній час зайнятості процесора для оцінки його продуктивності.

Традиційні методи теорії масового обслуговування (до Леонарда Клейнрока) виявилися неефективними, оскільки досліджувалися замкнені системи, а вхідні потоки не мали пуассонівського характеру. Це стало основною причиною розробки спеціалізованого симулятора дискретних подій.

Основою такого симулятора є генератор випадкових чисел для рівномірного розподілу. Автор використовував швидкий алгоритм, розроблений вроцлавськими математиками, який забезпечував низьку кореляцію між послідовними випадковими числами та високу швидкість обчислень (рис. 2.1).

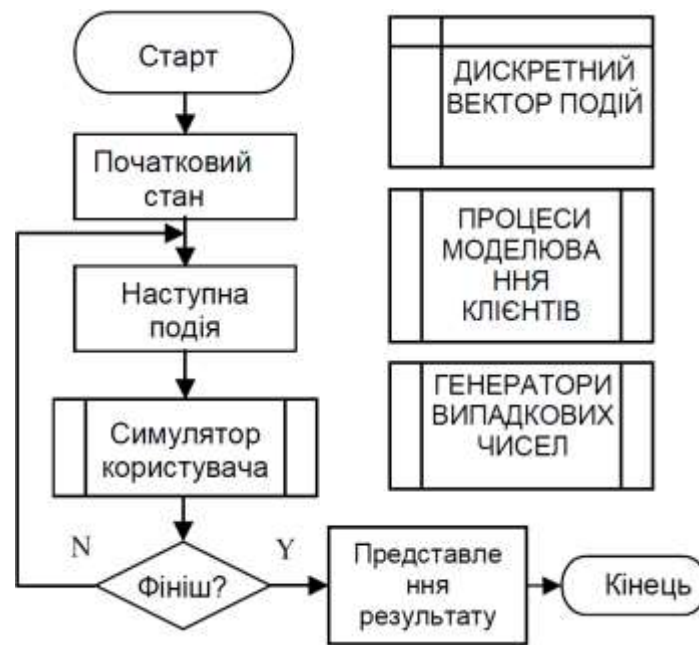


Рисунок 2.1 - Алгоритм подій симулятору Des

2.2.2 Системи дослідження методом моделювання та отримання результатів

Система управління та координації станом мережі дозволяє отримати детальне уявлення про процеси, що відбуваються в комп'ютерній мережі. Зазвичай вона розробляється на основі функціональних можливостей мережі, але часто не враховує детальні проблеми продуктивності. Розуміння проєктувальником власних рішень дозволяє точніше оцінити невідомі інтервали концентрації змінних розподілів.

Такі симуляційні «побічні продукти» стали основою філософії проєктування комп'ютерних систем та мереж. Варто зазначити, що обладнання, доступне в Україні, часто відстає на 5...10 років від аналогічного в розвинених країнах.

Для конкретного випадку основні дані для моделювання можуть бути такими:

- обчислювальні потужності використовуються мінімально;
- жорсткі вимоги реального часу виконуються системою;
- відсутні віртуальні сигнали переривання;
- максимальна довжина черги не загрожує перевантаженням системи;
- розроблені апаратні та програмні структури роблять систему реалізованою.

Отримані результати гарантують, що запропоновані апаратні та програмні рішення здатні виконувати необхідні функції в режимі реального часу, оптимізувати пріоритети та попереджати про високі різниці в часі обслуговування.

Симулятор Des був адаптований для аналізу продуктивності комп'ютерних мереж і часто використовується для налаштування та валідації аналітичних наближень.

2.2.3 Внутрішні вимірювальні інструменти

Для вимірювання та тестування продуктивності комп'ютерних мереж розробляються спеціальні засоби, які можуть бути зовнішніми або внутрішніми. Внутрішні інструменти важко знайти через політику конфіденційності великих виробників мережевого обладнання.

Більшість доступних описів стосуються зовнішніх засобів, але вони не завжди дозволяють проводити загальні вимірювання мережі, необхідні для оптимізації мережевих рішень.

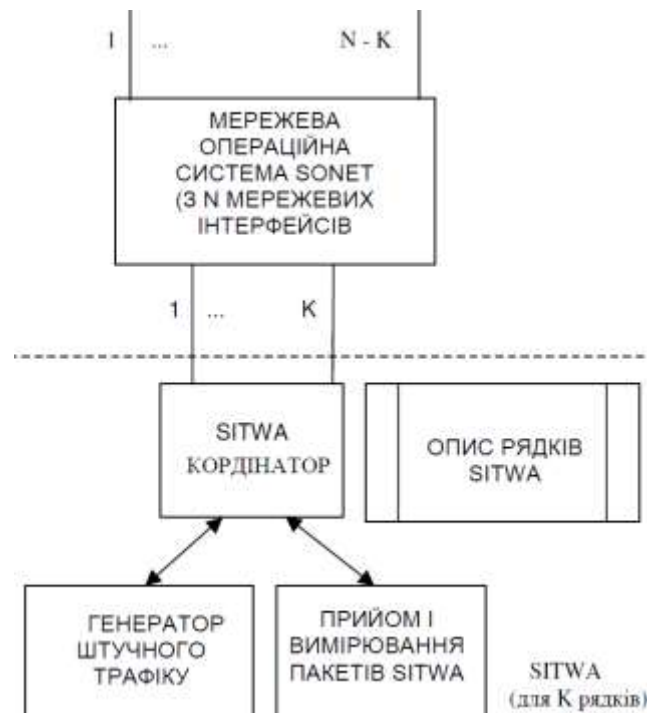


Рисунок 2.2 - Структура Sitwa для мережевої операційної системи Sonet

Для валідації та оптимізації комп'ютерних мереж була розроблена система Sitwa, яка адаптована до сучасних мереж, що працюють за протоколами TCP/IP. Sitwa

спрощує припущення, прийняті в Des, і дозволяє оцінювати продуктивність існуючих та планованих конфігурацій мережі.

Застосування системи Sitwa дозволило уточнити та спростити припущення, що були використані в попередніх моделях, зокрема в Des. Одним з ключових спрощень стало ігнорування пакетів управління потоком та фреймів під час моделювання, що на практиці виявилось виправданим та ефективним.

Крім того, за допомогою Sitwa було проведено десятки циклів вимірювань, що дало змогу оцінити продуктивність як існуючих, так і запланованих конфігурацій мережі. Ця система також надає можливість аналізувати віртуальні мережі та абонентське обладнання, що значно розширює її застосування.

Важливим результатом стало підтвердження методу Cram, заснованого на аналізі закритих маршрутів. Дослідження, проведені за допомогою Sitwa, виявили, що феномен перевантаження (зменшення пропускної здатності при скороченні часу обробки) спостерігається навіть у мережах з наскрізним підтвердженням, де втрата пакетів відсутня.

Додатковим позитивним ефектом від використання Sitwa стало поглиблене розуміння процесів, що відбуваються в мережах. Це дозволило моделювати мережі як суперпозицію закритих маршрутів (наприклад, з'єднань або дзвінків) та сприяло подальшому розвитку методу Cram [6].

2.2.4 Аналітичні методи оцінювання діяльності

Реальні проєктувальники та оператори комп'ютерних мереж рідка використовують аналітичні методи для оцінки продуктивності мереж. Найпопулярнішим методом класичної теорії мереж масового обслуговування є аналіз середніх значень, але він базується на стандартних припущеннях, які не завжди відповідають реальним умовам.

Мережі комутації пакетів, такі як ті, що працюють за протоколами TCP/IP, повинні аналізуватися як мережі Келлі, де час перебування на вузлі залежить від усіх

виробництва та управління (СІММ), що свідчить про універсальність та надійність запропонованого підходу [6].

2.2.5 Надійність мережі

У сфері автоматизованого управління надійність системи визначається як здатність працювати в умовах невизначеності. У 1982 році Д. Дойл запропонував функцію μ (структурна сингулярна величина) як міру надійності. Ця функція дозволяє порівнювати топології розподілених систем управління за певними критеріями.

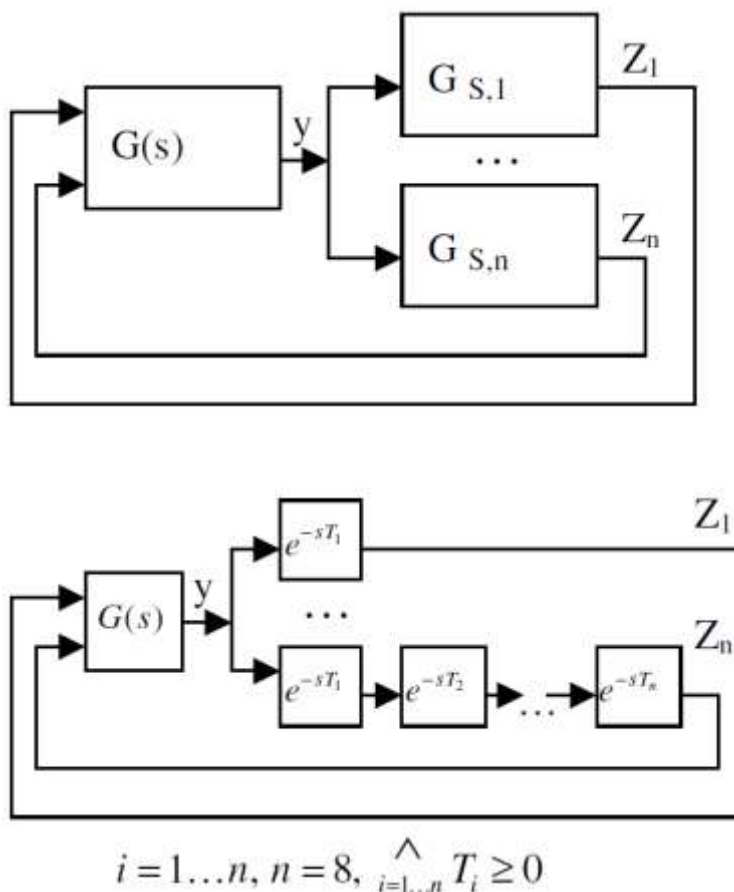


Рисунок 2.4 - Основна зіркового та спільно-середнього результату

Цікаво, що мережі з топологією «зірка» виявилися надійнішими, ніж мережі з топологією «спільного середнього».

2.3 Імітаційна модель комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех»

У бакалаврській роботі була розроблена комп'ютерна система ТОВ «Інфотех» з дворівневою ієрархічною структурою: верхній рівень - ядро, нижній - рівень розподілу.

Основні характеристики системи наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Кількість вузлів та вихідна IP-адреса в ТОВ «Інфотех»

LAN1 Відділ керівників	LAN2 Відділ маркетинговий	LAN3 Відділ комерційний	LAN4 Відділ юридичний	LAN5 IoT офісу
6	100	247	51	47

Інтенсивність трафіку: 101 кадр/с.

2.4 Проектування комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» м. Дніпро на базі обладнання Cisco

Для побудови комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» у м. Дніпро було обрано мережеве обладнання компанії Cisco, яка десятиліттями залишається лідером у галузі мережевих технологій. Вибір саме цього виробника обумовлений його надійністю, інноваційністю та здатністю задовольняти потреби підприємств різного масштабу. Важливим етапом проектування є правильний підбір обладнання, яке повинно забезпечувати стабільну роботу мережі та відповідати всім вимогам до продуктивності.

Вимоги до мережевого обладнання:

Для забезпечення ефективної роботи мережі маршрутизатори та комутатори Cisco повинні підтримувати передачу даних зі швидкістю не менше 100 Мбіт/с. Комутатори повинні мати не менше 20 портів типу Fast Ethernet для підключення кінцевих пристроїв.

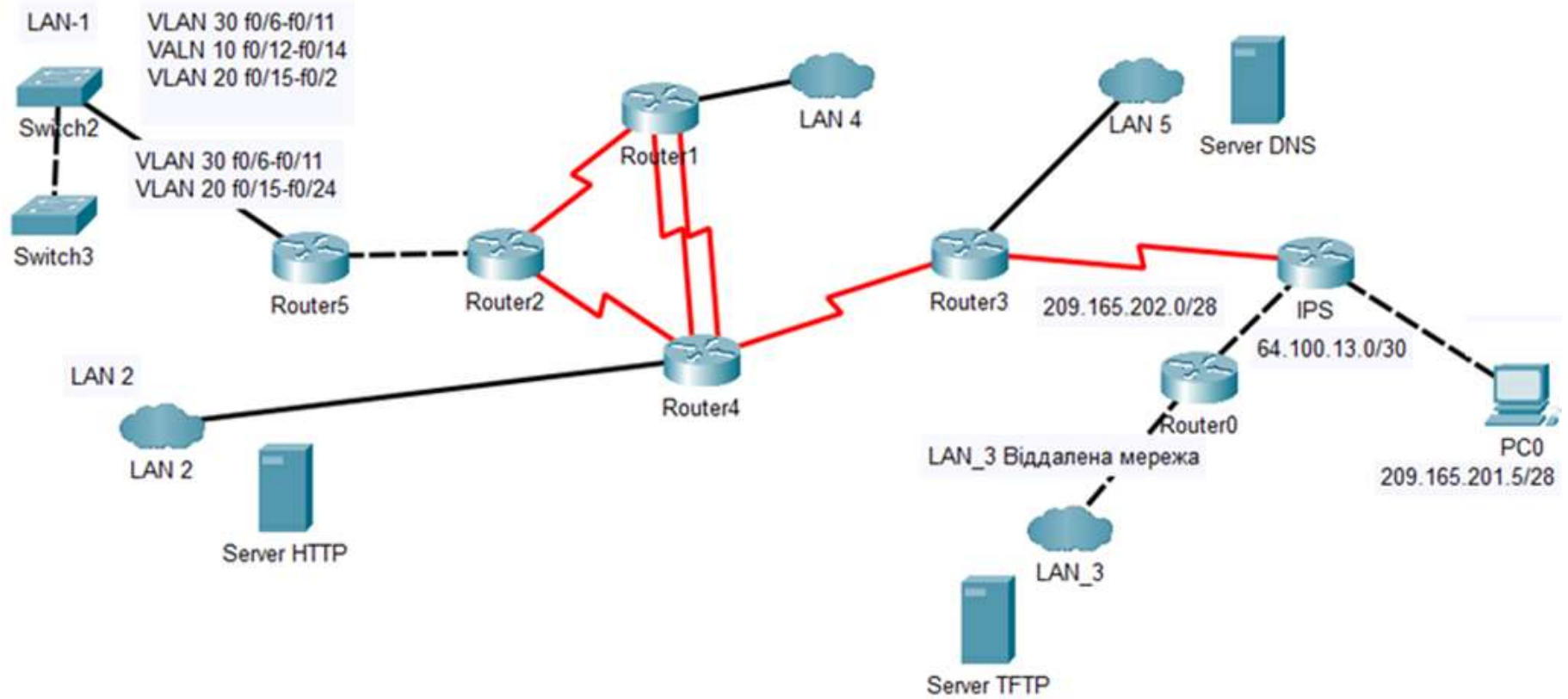


Рисунок 2.5 – Логічна схема корпоративної мережі ТОВ "«Інфотех»"

Технічні характеристики робочих станцій:

Робочі станції комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех» відповідають таким вимогам:

- операційна система: Windows 8 або новіша (64-бітна версія);
- архітектура процесора: x64;
- процесор: Intel Core 2-го покоління або новіший;
- оперативна пам'ять: 8 ГБ або більше;
- вільне місце на жорсткому диску: 25 ГБ;

Конфігурація найбільшої підмережі LAN2 комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» нараховує 100 комп'ютерів, для її організації було обрано:

- комутатор: Cisco SB SF200-24FP;
- маршрутизатор: Cisco 2901-SEC/K9.

Ці пристрої об'єднують усі 100 робочих станцій користувачів комп'ютерної мережі. Вихідний трафік підмережі LAN2 передається на маршрутизатор Cisco 2901-SEC/K9 через лінію з пропускною здатністю до 1 000 Мбіт/с.

Для запобігання перевантаженню комутатора Cisco SB SF200-24FP необхідно забезпечити, щоб швидкість надходження пакетів не перевищувала швидкість їх відправлення.

2.4.1 Розрахунок підмережі LAN2

2.4.1.1 Розрахунок пропускної здатності підмережі LAN2

Припускаємо, що всі 100 користувачів підмережі LAN2 одночасно активні, а середня інтенсивність трафіку становить 101 кадр/с при середній довжині повідомлення 650 байт.

Пропускна здатність підмережі LAN2 на рівні доступу розраховується за формулою:

$$P_{p,p} = \mu \times n \times N \times 8 \quad (2.1)$$

де: $P_{p,p}$ - пропускна здатність, біт/с; μ - інтенсивність трафіку, кадрів/с; n - кількість комутаторів рівня доступу, од.; N - кількість користувачів, од.

Підставляючи значення отримаємо:

$$P_{p.p} = 101 \times 1 \times 100 \times 650 \times 8 = 52,52 \text{ Мбіт/с}$$

Отриманий результат не перевищує задану пропускну здатність у 1000 Мбіт/с, тому перевантаження підмережі LAN2 не очікується.

2.4.1.2 Розрахунок максимального навантаження на комутатор

Комутатор рівня доступу передає трафік на маршрутизатор через лінію з пропускну здатністю 1000 Мбіт/с. Максимальне навантаження на комутатор не повинно перевищувати:

$$\mu_{\text{вих}} = \frac{F}{l \times 8} \quad (2.2)$$

де: $\mu_{\text{вих}}$ - максимальне навантаження на комутатор, пакетів/с; F - пропускну здатність, біт/с; l - довжина повідомлення, байт.

Підставляючи значення, отримаємо:

$$\mu_{\text{вих}} = \frac{1\,000\,000\,000}{650 \times 8} = 192\,307 \text{ пакетів/с}$$

Оскільки кожна робоча станція генерує 101 пакет/с, максимальна кількість робочих станцій, які можуть бути підключені до комутатора, становить:

$$N_{\text{max}} = \frac{\mu_{\text{вих}}}{\mu} \quad (2.3)$$

де: N_{max} - максимальна кількість робочих станцій, од.; μ - інтенсивність трафіку, кадрів/с.

Підставляючи значення отримаємо:

$$N_{\text{max}} = \frac{192\,307}{101} = 1\,904 \text{ од.}$$

Це значно перевищує 100 робочих станцій у підмережі LAN2, тому система працюватиме зі значним запасом продуктивності.

2.4.1.3 Розрахунок інтенсивності вихідного трафіку

Інтенсивність вихідного трафіку від усіх користувачів підмережі LAN2 становитиме:

$$\lambda = N \times \mu \quad (2.4)$$

де: λ - інтенсивність трафіку всіх користувачів, пакетів/с;

N — кількість користувачів, од.; μ - інтенсивність трафіку, кадрів/с.

Підставляючи значення отримаємо:

$$\lambda = 100 \times 101 = 10\,100 \text{ пакетів/с}$$

2.4.1.4 Розрахунок коефіцієнта затримки та зайнятості комутатора

Коефіцієнт затримки на рівні розподілу, який впливає на час очікування пакетів у черзі, розраховується за формулою:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu_{\text{вих}}} \quad (2.5)$$

Підставляючи значення отримаємо:

$$\rho = \frac{10\,100}{192\,307} = 0,0525$$

Коефіцієнт зайнятості комутатора рівня розподілу становитиме:

$$r = \frac{\rho}{1-\rho} \quad (2.6)$$

Підставляючи значення отримаємо:

$$r = \frac{0,0525}{1-0,0525} = 0,0554$$

2.4.1.5 Розрахунок середньої затримки кадру та довжини черги

Середня затримка кадру, пов'язана з чергою М/М/1, розраховується за формулою:

$$T = \frac{1}{\mu_{\text{вих}} - \lambda} \quad (2.7)$$

Підставляючи значення отримаємо:

$$T = \frac{1}{192\,307 - 10\,100} = 5,5 \text{ мкс}$$

Середня довжина черги становитиме:

$$L_{\text{чер}} = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (2.8)$$

Підставляючи значення отримаємо:

$$L_{\text{чер}} = \frac{0,0525^2}{1-0,0525} = 0,0029$$

Отримане значення середньої довжини черги свідчить про те, що черги практично відсутні, а система працює з великим запасом продуктивності.

2.5 Висновки

Методи імітаційного та аналітичного моделювання не завжди можуть бути повністю застосовані до реального проектування та експлуатації мереж через:

- значні припущення, прийняті при описі мереж;
- складність теоретичних моделей для практичного застосування;
- обмежену доступність даних через політику конфіденційності.

Успіх проектування комп'ютерних мереж залежить від того, чи залучений провідний фахівець до моделювання та аналізу. Це вимагає широкої освітньої бази, знань у галузі комп'ютерної інженерії та математики, а також аналізу літературних джерел за останні 40 років.

Розрахунки пропускної здатності найбільшого сегмента мережі ТОВ «Інфотех» будуть враховані при побудові її математичної моделі.

3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ

3.1 Аналіз об'єкта розробки

У сучасних умовах комп'ютерні системи є невід'ємною складовою ефективного функціонування підприємств. Вони забезпечують не лише обмін цифровою інформацією між пристроями, а й створюють інфраструктуру для аналізу, систематизації та поширення даних, що сприяє підвищенню прибутковості бізнесу. Особливе значення має розвиток інтрамереж - приватних корпоративних мереж, побудованих на основі інтернет-технологій. Інтрамережі дозволяють компаніям оперативно збирати, обробляти та розповсюджувати інформацію, що є критично важливим для підтримки конкурентоспроможності на ринку.

Для ТОВ «Інфотех» (м. Дніпро), яка спеціалізується на розробці та продажу програмного забезпечення, необхідно створити інтегровану комп'ютерну систему. Її основні завдання:

- автоматизація бізнес-процесів для збільшення обсягів продажів та покращення якості продукції;
- зниження операційних витрат завдяки оптимізації рутинних операцій;
- моніторинг та контроль за допомогою регламентованих процесів.

Підвищення ефективності роботи співробітників через швидкий доступ до інформації та покращення якості обслуговування клієнтів.

3.2 Формування вимог до комп'ютерної системи

3.2.1 Загальні вимоги до системи

3.2.1.1 Структура та функціонування

Комп'ютерна система ТОВ «Інфотех» призначена для підтримки бізнес-операцій підприємства. Вона складається з таких підсистем:

- підсистема передачі даних між користувачами;
- підсистема зберігання інформації;
- підсистема доступу до спільних ресурсів;
- підсистема управління обміном повідомленнями;

- система моніторингу мережевого трафіку.
- система безпеки.

Мета розвитку системи:

- створення гнучкої та зручної архітектури завдяки децентралізації;
- зменшення витрат на підключення та обслуговування;
- оптимізація інформаційного навантаження за рахунок апаратних засобів контролю;
- вдосконалення механізмів моніторингу та контролю обміну даними;
- підвищення якості та доступності інформації.

3.2.1.2 Персонал та режим роботи

Персонал, який займається встановленням, налаштуванням та експлуатацією системи, повинен мати відповідні сертифікати та ліцензії. Кількість співробітників визначається виходячи з вимог експлуатаційної документації та нормативних актів.

3.2.1.3 Надійність та безпека

Комп'ютерна система повинна бути надлишковою, щоб забезпечити безперебійну роботу та збереження даних у разі збоїв. Допустимий час простою системи - не більше 30 хвилин на тиждень, включаючи технічне обслуговування.

Вимоги до веб-інтерфейсу:

- адаптація до мінімальної ширини екрану 1 920 пікселів;
- сумісність з браузером: Microsoft Internet Explorer (версія 10+), Mozilla Firefox (версія 27+), Google Chrome (версія 28+).

3.2.1.4 Експлуатація та технічне обслуговування

Обслуговування системи здійснюється системним адміністратором. Ремонт та заміна несправних компонентів повинні виконуватися спеціалізованими підрядниками відповідно до вимог виробника.

3.2.1.5 Захист інформації

Доступ до апаратних засобів системи обмежується технічними та організаційними заходами. Інформація з обмеженим доступом (фінансові звіти, дані про майно, бюджети, операції з грошовими коштами) повинна захищатися спеціалізованими засобами та приміщеннями.

3.2.1.6 Патентна чистота

Усі програмні та апаратні компоненти системи повинні бути ліцензовані та сертифіковані для використання в Україні.

3.2.1.7 Стандартизація та уніфікація

Система розробляється відповідно до міжнародних стандартів у галузі інформаційних технологій.

3.2.2 Забезпечення системи

3.2.2.1 Інформаційне забезпечення

Програмне забезпечення системи надається в електронному вигляді (Flash-носії або через мережу). Криптографічні шлюзи використовуються для захисту даних під час передачі та запобігання зовнішнім атакам.

3.2.2.2 Технічне забезпечення

Обладнання системи встановлюється в серверній кімнаті з системами контролю доступу, гарантованим електропостачанням та кондиціонуванням. Використовується автономне джерело безперебійного живлення.

3.2.2.3 Організаційне забезпечення

Встановлення та налаштування системи здійснюється кваліфікованим персоналом. Доступ до підсистем управління обмежений та захищений особистими обліковими даними.

3.2.2.4 Нормативно-технічна документація

Звітні документи надаються українською мовою на паперових та електронних носіях. Технічна документація розробляється відповідно до стандартів для автоматизованих систем.

3.3 Топологічна схема комп'ютерної системи

Мережа ТОВ «Інфотех» логічна поділена на підмережі для оптимізації розподілу ресурсів та забезпечення безпеки. Використовується адресний блок 10.23.48.0/22, який поділено на підмережі за методом VLSM (Variable Length Subnet Masking).

Таблиця 3.1 - Розподіл адресних блоків

Адресний блок	Підмережа (відділ)	Кількість хостів
10.23.48.0/22	LAN1 (Керівництво)	6
	LAN2 (Маркетинг)	100
	LAN3 (Комерційний)	247
	LAN4 (Юридичний)	51
	LAN5 (IoT офісу)	47

Для оптимізації використання адресного простору підмереж застосовано метод масок підмережі змінної довжини, що дозволяє гнучка розподіляти адресні блоки різного розміру, враховуючи потреби кожної підмережі. При цьому кожна підмережа резервує дві адреси: одну для мережевої адреси, а другу - для широкомовної. Уникнення дублювання адрес при розрахунку VLSM здійснювалося за принципом "від найбільшої підмережі до найменшої", що забезпечило ефективне використання доступного адресного простору.

Таблиця 3.2 - Схема адресації мережі

Назва підмережі	Розмір	Адреса	Десяткова маска	Діапазон доступних адрес
LAN3 (Комерційний)	254	172.24.88.0/24	255.255.255.0	172.24.88.1 – 172.24.88.254
LAN2 (Маркетинг)	126	172.24.89.0/25	255.255.255.128	172.24.89.1 – 172.24.89.126
LAN4 (Юридичний)	62	172.24.89.128/26	255.255.255.192	172.24.89.129 – 172.24.89.190
LAN5 (IoT офісу)	62	172.24.89.192/26	255.255.255.192	172.24.89.193 – 172.24.89.254
LAN 1 (керівники)	6	172.24.90.0/29	255.255.255.248	172.24.90.1 – 172.24.90.6

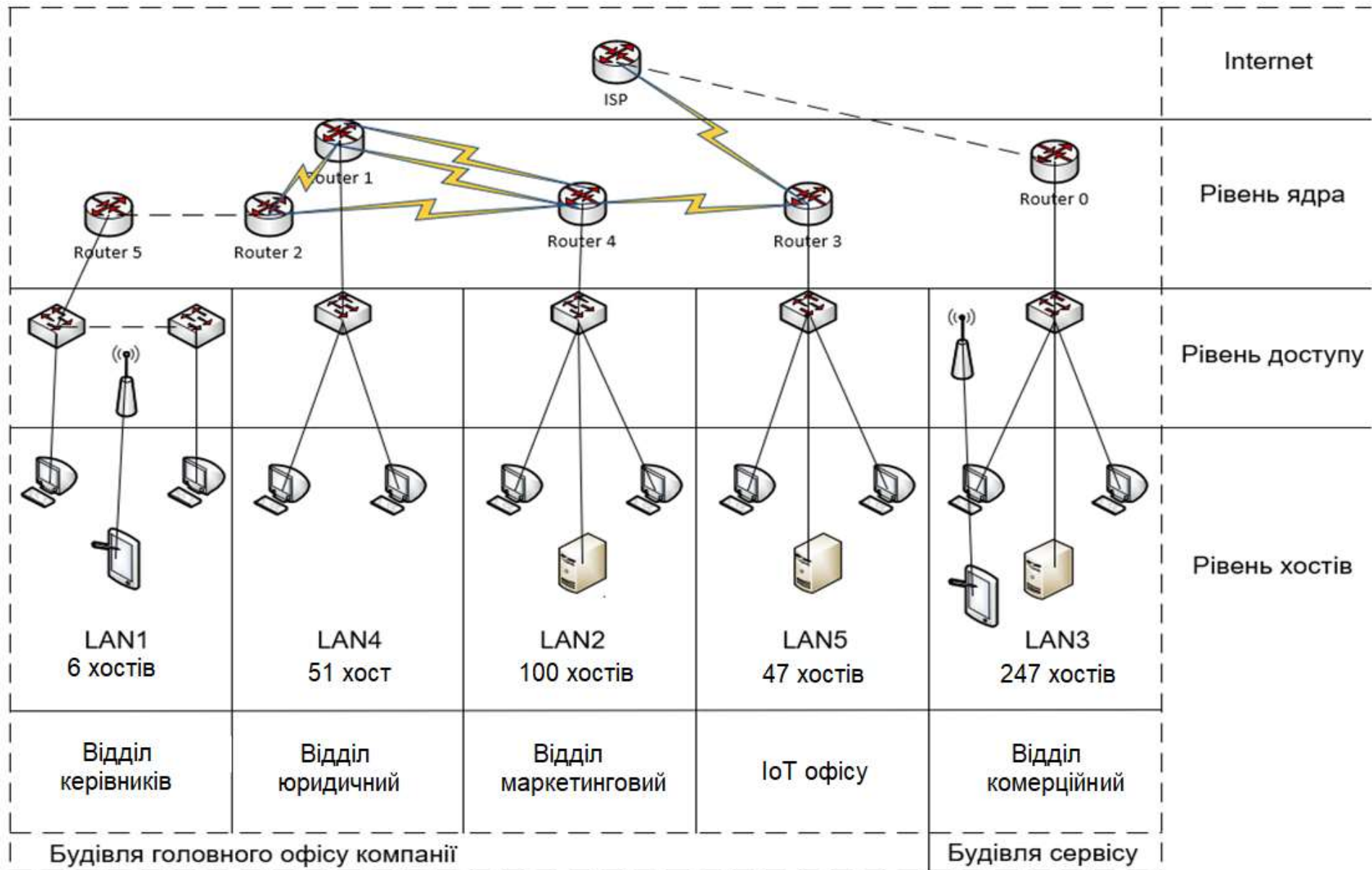


Рисунок 3.1 – Структурна схема комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» м. Дніпро

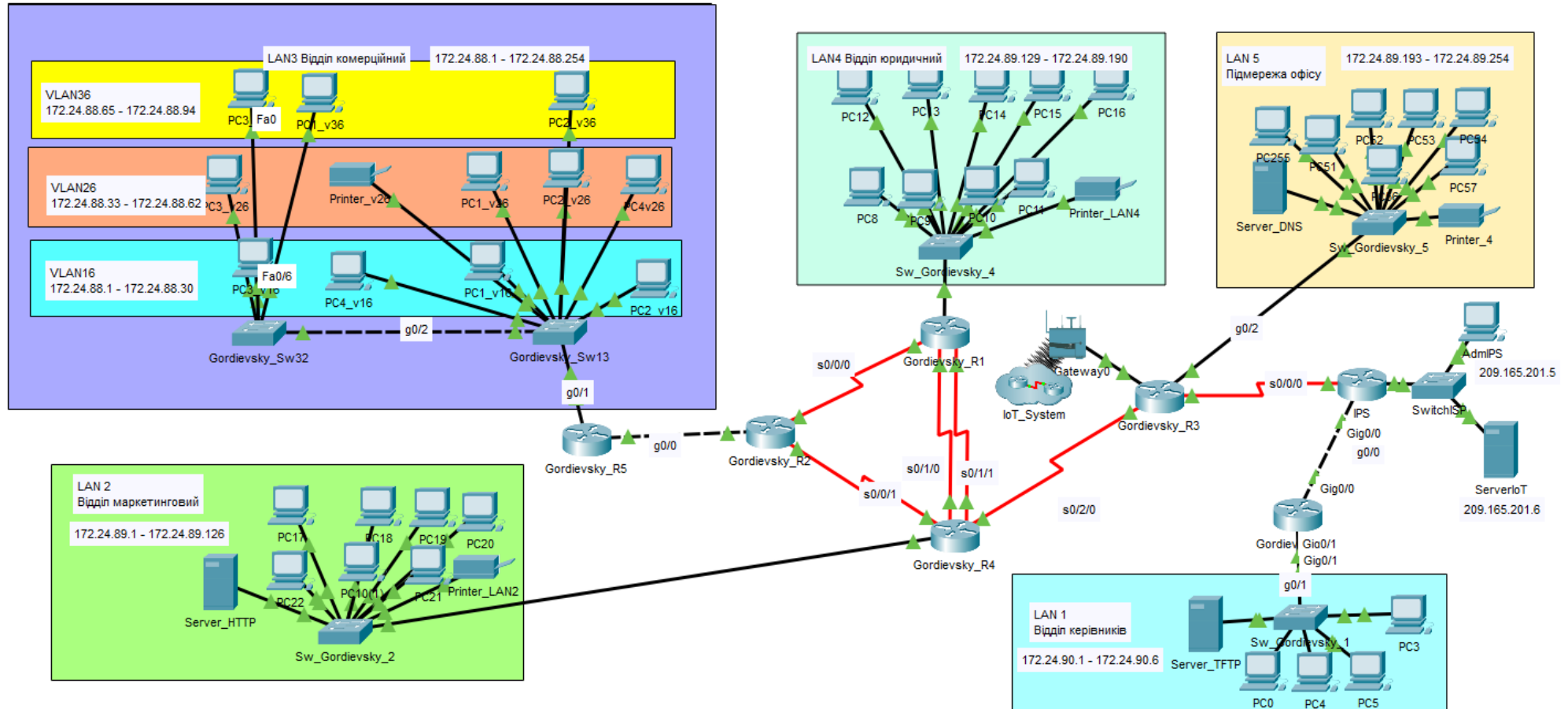


Рисунок 3.2 – Топологічна схема ТОВ «Інфотех» м. Дніпро

3.4 Функціональна схема комп'ютерної системи

Головний офіс ТОВ «Інфотех» є центральним вузлом системи, забезпечуючи роботу веб-ресурсів, DNS-серверів та телеграм-ботів. Віддалений офіс взаємодіє з головним через Інтернет, передаючи клієнтську інформацію. Клієнтські пристрої підключаються до обох офісів для доступу до ресурсів.

Віддалений офіс компанії ТОВ «Інфотех» обладнано файловим сервером, який виконує функції зберігання корпоративних даних та передачі клієнтської інформації до головного офісу в Дніпрі через Інтернет. Клієнтські пристрої, підключені до мережі, взаємодіють з обома офісами, використовуючи серверні ресурси для отримання необхідних даних та послуг.

Головний офіс відіграє ключову роль у централізованому управлінні всією системою, забезпечуючи стабільну роботу як внутрішніх, так і зовнішніх комунікацій. Віддалений офіс, у свою чергу, розширює функціональні можливості системи, надаючи додаткові ресурси для зберігання та обробки інформації.

Обидва офіси реалізують стандартні корпоративні сервіси, такі як:

- електронна пошта;
- веб-ресурси (WWW),
- системи контролю версій.

На верхньому рівні корпоративної мережі функціонують спеціалізовані програмні комплекси, призначені для вирішення галузевих завдань. До них належать:

- системи автоматизації бізнес-процесів;
- управління процесами створення та продажу ПЗ;
- інтеграція з банківськими платформами,
- діагностика та тестування (залежно від специфіки програмного продукту).

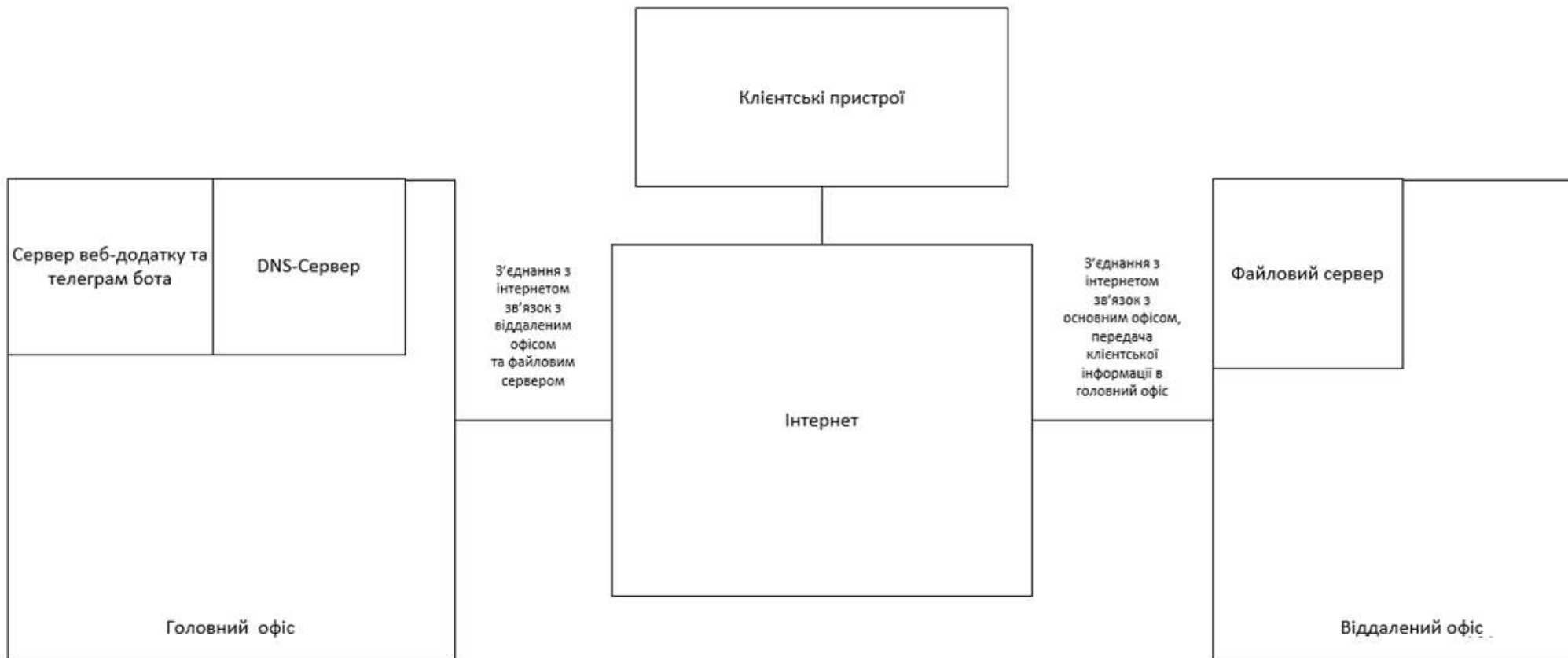


Рисунок 3.3 – Функціональна схема корпоративної мережі КС ТОВ «Інфотех» м. Дніпро

Ефективність роботи додатків верхнього рівня безпосередньо залежить від стабільності та продуктивності всіх підсистем корпоративної мережі. Різноманітні конфігурації комп'ютерів, що використовуються в мережі, визначають її функціональні можливості та продуктивність.

3.5 Вибір елементної бази комп'ютерної системи

При виборі елементної бази комп'ютерної системи звертаються увага на технічні вимоги до наступного обладнання: робочі місця: монітор, клавіатура, миша, принтери, сканери.

Робочі станції: процесор з 2+ ядрами (тактована частота 2.4 ГГц), 8 ГБ ОЗУ, SSD 100+ ГБ.

Сервери: пряме з'єднання з локальними мережами, підтримка RAID-масиву, безперебійна робота 24/7.

Мережеве обладнання: маршрутизатори Cisco 2911, комутатори Catalyst 2960, маршрутизатори VDSL2 та робочі станції представлено в табл. 3.4.

Таблиця 3.3 - Специфікація обладнання

Позиція	Найменування	Тип	Кількість
1	Маршрутизатор Cisco 2911	Cisco 2900	7
2	Комутатор Catalyst 2960-24PS	Cisco 2960	29
3	Маршрутизатор Cisco RV134W VDSL2	Cisco RV134W	2
4	Комп'ютер моделі B38v07Win	Процесор: AMD RYZEN 5 5600G, ОЗУ: 8 Гб DDR4 Накопичувач: SSD 240 Гб	451

3.6 Висновки за розділом

У розділі розглянуто інженерно-технічні рішення для синтезу комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех». Запропоновано структуру, вимоги до надійності, безпеки та технічного забезпечення, а також специфікацію обладнання для ефективної роботи системи.

4 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

4.1 Мета та область застосування програми

Сучасні комп'ютерні системи відіграють ключову роль у бізнес-процесах, вимагаючи ефективних інструментів для аналізу їхньої продуктивності та оптимізації ресурсів. Одним із найважливіших напрямків у цьому контексті є теорія масового обслуговування (ТМО), яка дозволяє досліджувати поведінку систем, що працюють у режимі високого навантаження. Ця теорія особливо актуальна для аналізу комп'ютерних мереж, транспортних систем та інших інфраструктур, де виникають затори через нерівномірний розподіл ресурсів.

Основні завдання ТМО:

- вивчення причин виникнення черг та їхнього впливу на продуктивність системи;
- оптимізація мережевих ресурсів для зменшення часу очікування та підвищення ефективності обслуговування;
- розробка математичних моделей, що імітують реальні процеси обробки даних у динамічних середовищах, таких як хмарні обчислення або IoT-системи.

У рамках даної роботи ТМО застосовується для моделювання комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех». Програмне забезпечення (ПЗ), розроблене на основі цієї теорії, дозволяє:

- оцінювати продуктивність мережі за різних умов навантаження;
- визначати оптимальні параметри для мінімізації затримок та перевантажень;
- аналізувати поведінку системи за допомогою замкненої моделі мережі масового обслуговування (ММО), де кожен вузол представляється як сервер з власною чергою запитів.

Область застосування ПЗ:

- математичне моделювання комп'ютерних мереж з використанням стохастичних процесів;

- оцінка ефективності комунікаційних компонентів у розподілених та паралельних системах.

Проектування інфраструктури для хмарних обчислень та IoT-додатків, чутливих до затримок.

4.2 Технічні вимоги та параметри програми

4.2.1 Завдання на розробку

ПЗ призначене для розрахунку ключових параметрів комп'ютерних мереж на основі моделі замкненої ММО. Основні вимоги до функціоналу:

- мінімальна кількість вузлів у мережі: 16;
- матриця ймовірностей переходів: повинна відповідати структурі мережі;
- кількість пакетів у обігу: не менше 32;
- кількість конвеєрів обробки запитів: не менше 6;
- гнучкість налаштувань: можливість зміни відносного часу обробки пакетів у вузлах.

4.2.2 Системні вимоги

Для коректної роботи ПЗ необхідно:

- операційна система: Windows 10 або новіша версія;
- пакет офісних програм: Microsoft Office 2016 (з підтримкою MS Access);
- математичне ПЗ: Mathcad 15 або пізніша версія.

4.2.3 Вхідні та вихідні дані

Вхідні дані формуються на основі структурної схеми мережі та включають:

- кількість інформаційних вузлів (N_n);
- матрицю перехідних ймовірностей (Pr);
- час обробки пакету на вузлі (τ);
- кількість конвеєрів у вузлах (m);
- загальну кількість пакетів у мережі (N).

Вихідні дані містять:

- середню інтенсивність запитів (λ);

- довжину черги пакетів у вузлах (L);
- час перебування пакету у вузлі (t);
- матрицю коефіцієнтів переходів (e).

4.2.4 Апаратні вимоги

Для запуску ПЗ необхідний комп'ютер з такими характеристиками:

- процесор: Intel Core i5 (від 2,4 ГГц);
- оперативна пам'ять: від 8 ГБ.
- жорсткий диск: від 0,5 ТБ (SCSI).
- монітор: 17 дюймів, роздільна здатність від 1920×1080 (True Colour).
- операційна система: не менш ніж Windows 10.
- додаткове ПЗ: не менш ніж Mathcad 15.

4.3 Опис роботи програми

4.3.1 Загальні принципи

ПЗ призначене для розрахунку безрозмірних параметрів комп'ютерної мережі на основі моделі замкненої ММО. Програма може зберігатися на будь-якому носії та використовуватися для аналізу продуктивності мереж у різних режимах навантаження.

4.3.2 Алгоритм розрахунку

Для початку роботи необхідно ввести такі параметри:

- кількість пакетів у мережі (N);
- матрицю маршрутів (PR);
- кількість конвеєрів для кожного вузла ($M_0 \dots M_n$);
- середній час обробки пакету в конвеєрі ($\tau_0 \dots \tau_n$);

Після цього ПЗ за допомогою методу Гауса обчислює:

- коефіцієнти передачі ($e_0 \dots e_n$);
- множину станів мережі $S(N, K)$;
- ймовірності станів для кожного вузла ($P_i(n)$);
- середню кількість пакетів у черзі;

- інтенсивність надходження пакетів;
- час перебування пакету у вузлі (за теоремою Літтла).

4.3.3 Логічна структура програми

ПЗ складається з трьох основних модулів:

1. Модуль вхідних даних: задає параметри мережі (N , PR , M , τ).
2. Модуль обчислень: розраховує коефіцієнти, ймовірності та інші параметри.
3. Модуль виводу: відображає результати у числовому та графічному форматах (за допомогою Mathcad).

4.3.4 Цикл роботи програми

ПЗ працює в циклі, що визначається особливостями Mathcad 15. Великі масиви даних зберігаються на жорсткому диску та оновлюються за потреби.

4.4 Висновки

У рамках роботи розроблено ПЗ для моделювання комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех» на основі замкненої ММО. Програма дозволяє:

1. Оцінювати продуктивність мережі за різних умов.
2. Оптимізувати ресурси для зменшення затримок.
3. Використовувати результати для проєктування ефективних комунікаційних систем.

Область застосування: математичне моделювання комп'ютерних мереж з використанням стохастичних методів.

5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ТОВ «ІНФОТЕХ»

5.1 Розробка математичної моделі мережі

На основі аналізу реальної топології комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех» була створена математична модель у вигляді замкнутої системи масового обслуговування (СМО). Ця модель відображає структуру мережі підприємства, розроблену в попередніх дослідженнях, та враховує особливості передачі даних між її вузлами.

Структура моделі представлена на рис. 5.1. Вона включає 15 мережевих вузлів, кожен з яких відповідає реальним комутаторам або маршрутизаторам. Особливістю моделі є агрегація каналів між вузлами №3 та №5, а також №4 та №6. Це дозволяє об'єднати кілька фізичних з'єднань у єдиний логічний канал, що підвищує пропускну здатність та надійність мережі.

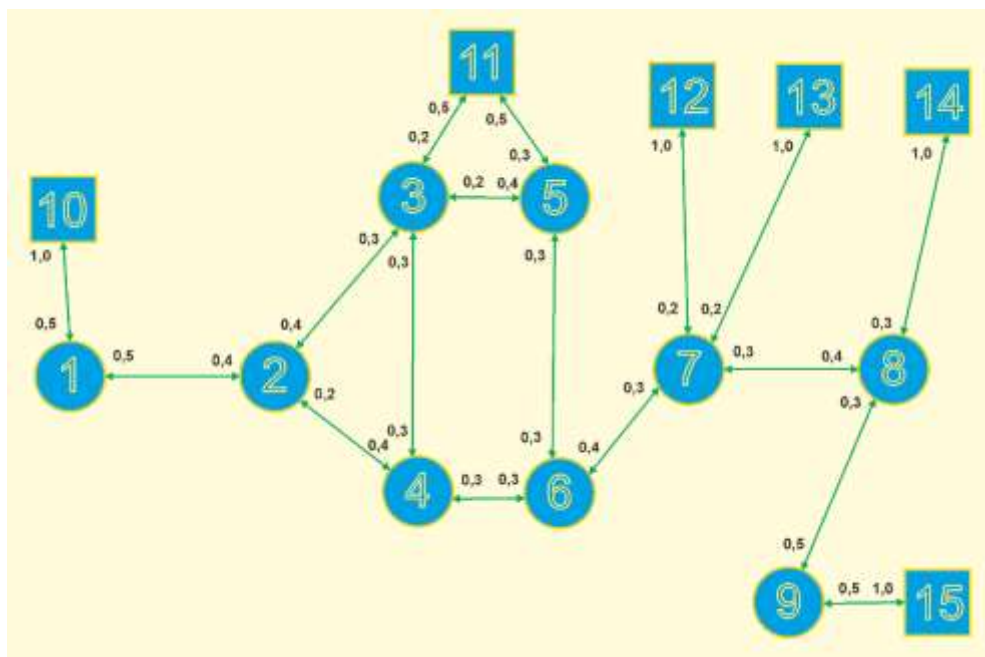


Рисунок 5.1 – Структура математичної моделі комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех»

Переваги агрегації каналів:

- збільшення пропускну здатності шляхом об'єднання кількох фізичних каналів;
- підвищення надійності завдяки автоматичному перенаправленню трафіку у разі виходу з ладу одного з каналів;

- оптимізація використання ресурсів через балансування навантаження між каналами;

- спрощення управління мережею, оскільки адміністратори працюють з агрегованим каналом як з єдиним об'єктом [8, 9].

Характеристика передачі даних на схемі вказана ймовірністю передачі інформаційних пакетів між вузлами, ці значення були визначені на основі:

- інформаційної ентропії;
- обсягів та напрямків передачі даних;
- швидкості каналів зв'язку.

У схемі мережі ТОВ «Інфотех» визначено ймовірності передачі інформаційних пакетів між комутаторами та маршрутизаторами. Ці параметри були розраховані на основі інформаційної ентропії, обсягів даних, напрямків їх передачі та пропускної здатності каналів зв'язку, що відповідають технічним характеристикам мережевого обладнання та джерел інформації.

Особливості базової мережевої інфраструктури:

- початкове обладнання мережі має пропускну здатність 100 Мбіт/с;
- зв'язок між мережевими вузлами визначається як максимальна ймовірність успішної передачі пакетів від одного пристрою до іншого;
- кожен вузол розглядається як елемент системи масового обслуговування (СМО), а ймовірність зв'язку вузла сам з собою дорівнює нулю.

Характеристики показників ймовірностей:

1. Для вузлів, відповідальних за маршрутизацію пакетів, ймовірності їх взаємодії між собою приблизно рівномірні.

2. Сума ймовірностей передачі даних для кожного вузла повинна дорівнювати 1,0 (100 %), що відповідає повному розподілу можливих напрямків передачі.

3. Значення ймовірностей визначаються на основі очікуваного інформаційного навантаження на кожен вузол, а також специфіки програмного забезпечення, яке використовують кінцеві користувачі мережі.

При використанні моделі ймовірності передачі пакетів є ключовим параметром для аналізу в програмному забезпеченні, призначеному для моделювання систем масового обслуговування (СМО).

- Ймовірність того, що «вузол №1» зв'яжеться з «вузол №2» становить 0,5.
- Ймовірність того, що «вузол №1» зв'яжеться з «вузол №10» становить 0,5.
- Ймовірність того, що «вузол №2» зв'яжеться з «вузол №1» становить 0,4.
- Ймовірність того, що «вузол №2» зв'яжеться з «вузол №3» становить 0,4.
- Ймовірність того, що «вузол №2» зв'яжеться з «вузол №4» становить 0,2.
- Ймовірність того, що «вузол №3» зв'яжеться з «вузол №2» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №3» зв'яжеться з «вузол №4» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №3» зв'яжеться з «вузол №5» становить 0,2.
- Ймовірність того, що «вузол №3» зв'яжеться з «вузол №11» становить 0,2.
- Ймовірність того, що «вузол №4» зв'яжеться з «вузол №2» становить 0,4.
- Ймовірність того, що «вузол №4» зв'яжеться з «вузол №3» становить 0,4.
- Ймовірність того, що «вузол №4» зв'яжеться з «вузол №6» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №5» зв'яжеться з «вузол №3» становить 0,4.
- Ймовірність того, що «вузол №5» зв'яжеться з «вузол №6» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №5» зв'яжеться з «вузол №11» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №6» зв'яжеться з «вузол №4» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №6» зв'яжеться з «вузол №4» становить 0,4.
- Ймовірність того, що «вузол №6» зв'яжеться з «вузол №7» становить 0,4.
- Ймовірність того, що «вузол №7» зв'яжеться з «вузол №6» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №7» зв'яжеться з «вузол №8» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №7» зв'яжеться з «вузол №12» становить 0,2.
- Ймовірність того, що «вузол №7» зв'яжеться з «вузол №13» становить 0,2.
- Ймовірність того, що «вузол №8» зв'яжеться з «вузол №7» становить 0,4.
- Ймовірність того, що «вузол №8» зв'яжеться з «вузол №9» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №8» зв'яжеться з «вузол №14» становить 0,3.
- Ймовірність того, що «вузол №9» зв'яжеться з «вузол №8» становить 0,5.
- Ймовірність того, що «вузол №9» зв'яжеться з «вузол №15» становить 0,5.
- Ймовірність того, що «вузол №10» зв'яжеться з «вузол №1» становить 1,0.

Ймовірність того, що «вузол №11» зв'яжеться з «вузол №3» становить 0,5.

Ймовірність того, що «вузол №11» зв'яжеться з «вузол №5» становить 0,5.

Ймовірність того, що «вузол №12» зв'яжеться з «вузол №7» становить 1,0.

Ймовірність того, що «вузол №13» зв'яжеться з «вузол №7» становить 1,0.

Ймовірність того, що «вузол №14» зв'яжеться з «вузол №8» становить 1,0.

Ймовірність того, що «вузол №15» зв'яжеться з «вузол №9» становить 1,0.

На основі цих даних була сформована маршрутна матриця (рис. 5.2), яка відображає ймовірності передачі пакетів між усіма вузлами мережі.

$$Pr := \begin{pmatrix} 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.3 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0.3 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 5.2 – Маршрутна матриця моделі мережі

На початковому етапі моделювання в програмне забезпечення вносяться відомості про швидкодію існуючого мережевого обладнання. Ці дані записуються в одновірну матрицю (рис. 5.3), яка містить умовний час обробки одного інформаційного повідомлення для кожного вузла. Значення часу обробки пропорційні реальним показникам затримок, що відповідають технічним характеристикам обладнання: значення 10 - абстрактна затримка для обладнання зі швидкістю передачі 100 Мбіт/с, значення 1 - абстрактна затримка для обладнання зі швидкістю передачі 1 Гбіт/с. Матриця умовних затримок (рис. 5.3) відображає відповідність швидкодії вузлів структури мережі.

	0
0	10
1	10
2	10
3	10
4	10
5	10
6	10
7	10
8	10
9	10
10	10
11	10
12	10
13	10
14	10

Рисунок 5.3 – Час обробки повідомлення для моделі мережевого обладнання

5.2 Розрахунок параметрів моделі мережі

Сучасні наукові дослідження часто вимагають міждисциплінарного підходу, що передбачає інтеграцію комп'ютерних моделей з різних галузей. Для вирішення цієї проблеми використовується емуляція зв'язаних гаусівських процесів (LGP), яка базується на стратегії «розділай і володарюй». Цей метод дозволяє об'єднати емулятори окремих моделей у єдину мережу.

Проблеми моделювання складних систем:

- непрозорість внутрішніх процесів у системах глибокого навчання ускладнює вибір оптимальної архітектури та алгоритмів;

- моделювання дозволяє замінити складну систему спрощеною та інтерпретованою моделлю, що полегшує аналіз;

За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання мережі ТОВ «Інфотех» було розраховано передаточні коефіцієнти ймовірностей за нормованим показником. Для цього застосовувався метод Гауса. Результати розрахунків наведено на рис. 5.4.

	1
	1.25
	1.313
	0.89
	0.753
	0.822
	1.096
e :=	0.822
	0.493
	0.5
	0.489
	0.219
	0.219
	0.247
	0.247

Рисунок 5.4 – Коефіцієнти ймовірностей за нормованим показником

Коефіцієнти, що характеризують кількість конвеєрів обробки інформаційних пакетів у кожному вузлі, задаються в матриці. Ці дані відповідають технічним параметрам мережевого обладнання. На початковому етапі моделювання кожен вузол має один конвеєр для обробки пакетів (рис. 5.5).

	0
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1

Рисунок 5.5 – Кількість конвеєрів для обробки інформаційних пакетів в мережевих вузлах

Матриця, що визначає ймовірності стану очікування для обробки певної кількості пакетів у вузлах, представлена на рис. 5.6. Ці розрахунки необхідні для подальшого аналізу продуктивності мережі.

	0	1	2	3	4
0	1	10	100	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
1	1	12.5	156.25	$1.953 \cdot 10^3$	$2.441 \cdot 10^4$
2	1	13.13	172.397	$2.264 \cdot 10^3$	$2.972 \cdot 10^4$
3	1	8.9	79.21	704.969	$6.274 \cdot 10^3$
4	1	7.53	56.701	426.958	$3.215 \cdot 10^3$
5	1	8.22	67.568	555.412	$4.565 \cdot 10^3$
6	1	10.96	120.122	$1.317 \cdot 10^3$	$1.443 \cdot 10^4$
7	1	8.22	67.568	555.412	$4.565 \cdot 10^3$
8	1	4.93	24.305	119.823	590.728
9	1	5	25	125	625
10	1	4.89	23.912	116.93	571.789
11	1	2.19	4.796	10.503	23.003
12	1	2.19	4.796	10.503	23.003
13	1	2.47	6.101	15.069	37.221
14	1	2.47	6.101	15.069	37.221

Рисунок 5.6 – Час знаходження вузлу у стані очікування обробки певної кількості інформаційних пакетів

Наступним етапом є розрахунок середніх значень інтенсивності вхідного потоку (λ) для кожного мережевого вузла. Для цього використовується алгоритм Бузена, який дозволяє швидко оцінити продуктивність мережі.

Результати розрахунків (рис. 5.7):

Середня кількість пакетів, що очікують обробку (L).

Середній час обробки пакетів (t).

Джеффри Бузен - визнаний експерт у галузі моделювання продуктивності комп'ютерних систем. Його алгоритм Бузена дозволяє обчислювати пропускну здатність та час відгуку мережі за лічені секунди, тоді як попередні методи вимагали місяців або років.

Основні досягнення Бузена: розробка оперативного аналізу, який забезпечує точність передбачень навіть за порушення припущень моделі, створення

спостережної стохастики - нової теорії випадковості, викладеної в книзі «Переосмислення випадковості».

	0		0		0
0	0.029	0	0.395	0	13.748
1	0.036	1	0.53	1	14.757
2	0.038	2	0.567	2	15.013
3	0.026	3	0.343	3	13.394
4	0.022	4	0.28	4	12.915
5	0.024	5	0.311	5	13.153
6	0.032	6	0.446	6	14.155
7	0.024	7	0.311	7	13.153
8	0.014	8	0.171	8	12.066
9	0.014	9	0.174	9	12.088
10	0.014	10	0.169	10	12.053
11	$6.296 \cdot 10^{-3}$	11	0.071	11	11.249
12	$6.296 \cdot 10^{-3}$	12	0.071	12	11.249
13	$7.101 \cdot 10^{-3}$	13	0.08	13	11.329
14	$7.101 \cdot 10^{-3}$	14	0.085	14	12.038

Рисунок 5.7 – Інтенсивність вхідного інформаційного потоку, число пакетів в очікуванні обробки та середній час обробки інформаційних пакетів

5.2.1 Параметри роботи мережі ТОВ «Інфотех» в стандартному режимі (без впливу шкідливого ПЗ)

Початкові умови моделювання:

1. Для аналізу роботи комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех» в стандартному режимі (без перевантаження та впливу шкідливого програмного забезпечення) були задані такі вихідні параметри:

2. Кількість інформаційних пакетів у мережі: 5 одиниць.

3. Час обробки одного пакета: 10 умовних одиниць, що відповідає швидкості передачі даних 100 Мбіт/с.

4. Кількість конвеєрів для обробки інформації: 1 на кожен мережевий вузол.

Результати моделювання:

На основі зазначених параметрів були побудовані графіки, які ілюструють середні показники роботи кожного мережевого вузла (рис. 5.8...5.10). По осі X

відкладені номери вузлів (від 0 до 14, що відповідає фактичним номерам від 1 до 15), а по осі Y відповідні значення:

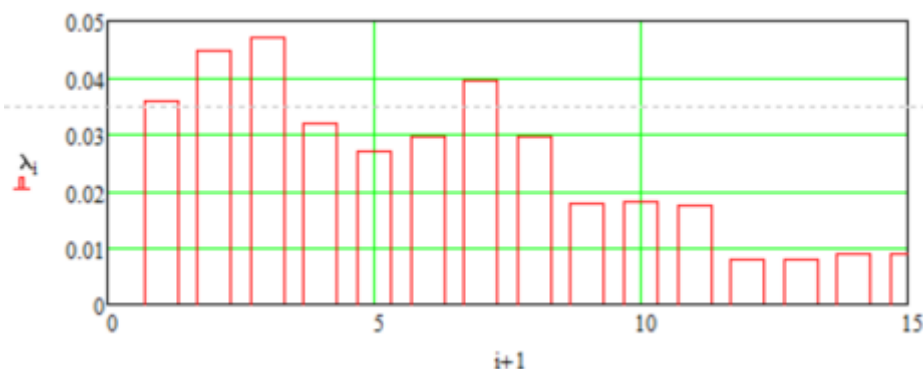


Рисунок 5.8 - Інтенсивність вхідного потоку (умовні одиниці)

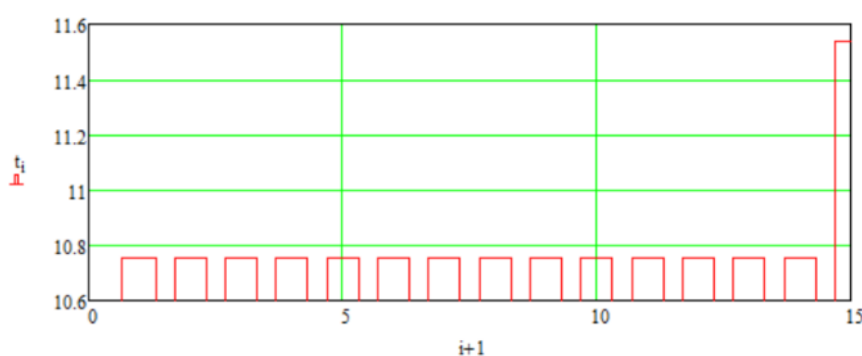


Рисунок 5.9 - Середній час перебування пакета в черзі (умовні одиниці)

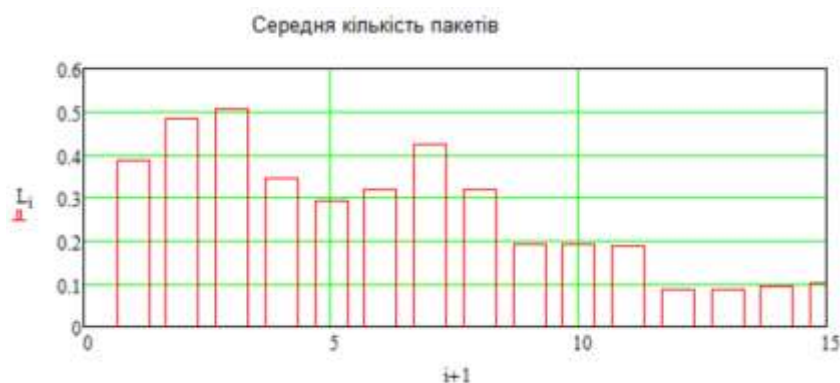


Рисунок 5.10 - Середня кількість пакетів у вузлі на одиницю часу

Аналіз графіків:

1. Всі вузли мережі, представлені серійним обладнанням (комутаторами та маршрутизаторами), обробляють інформаційні пакети швидко та без значних затримок.

2. Черги на обробку пакетів практично відсутні, що свідчить про стабільну роботу мережі в поточному режимі.

На рис. 5.11 представлено 3D-візуалізацію розрахунків моделі для 5 інформаційних пакетів. Аналіз візуалізації показав, що найбільш завантаженими є вузли з номерами 1...8. Саме ці вузли можуть стати потенційним джерелом перевантаження мережі при збільшенні трафіку.

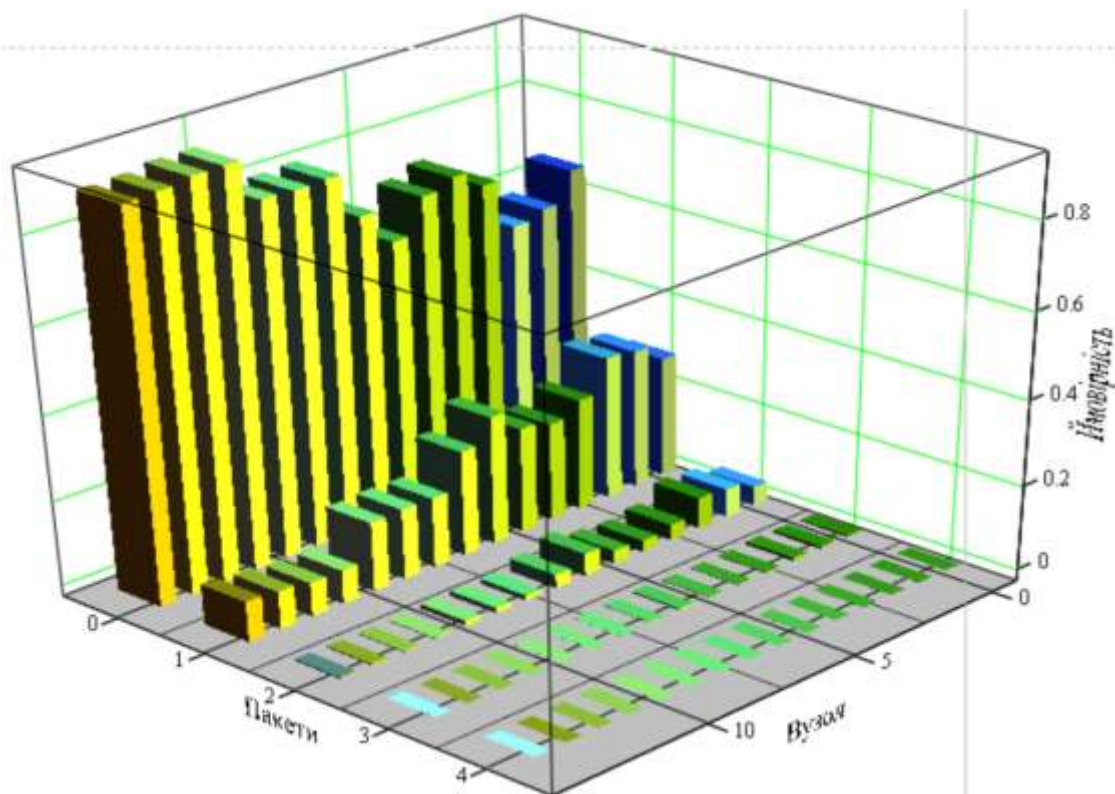


Рисунок 5.11 – Трьох-мірна візуалізація результату розрахунку моделі при довжині повідомлень у 5 інформаційних пакетів

Рекомендації щодо оптимізації:

1. Для запобігання можливим проблемам з перевантаженням у майбутньому, пов'язаним зі зростанням навантаження, рекомендується:
2. Замінити найзавантаженіші вузли (1...8) на сучасніші та продуктивніші пристрої зі швидкістю передачі даних 1 Гбіт/с.

Після впровадження цих змін проблемні вузли зникли, що підтверджується візуалізацією скорегованої моделі (рис. 5.12). Мережа ТОВ «Інфотех» тепер працює в стандартному режимі без перевантажень.

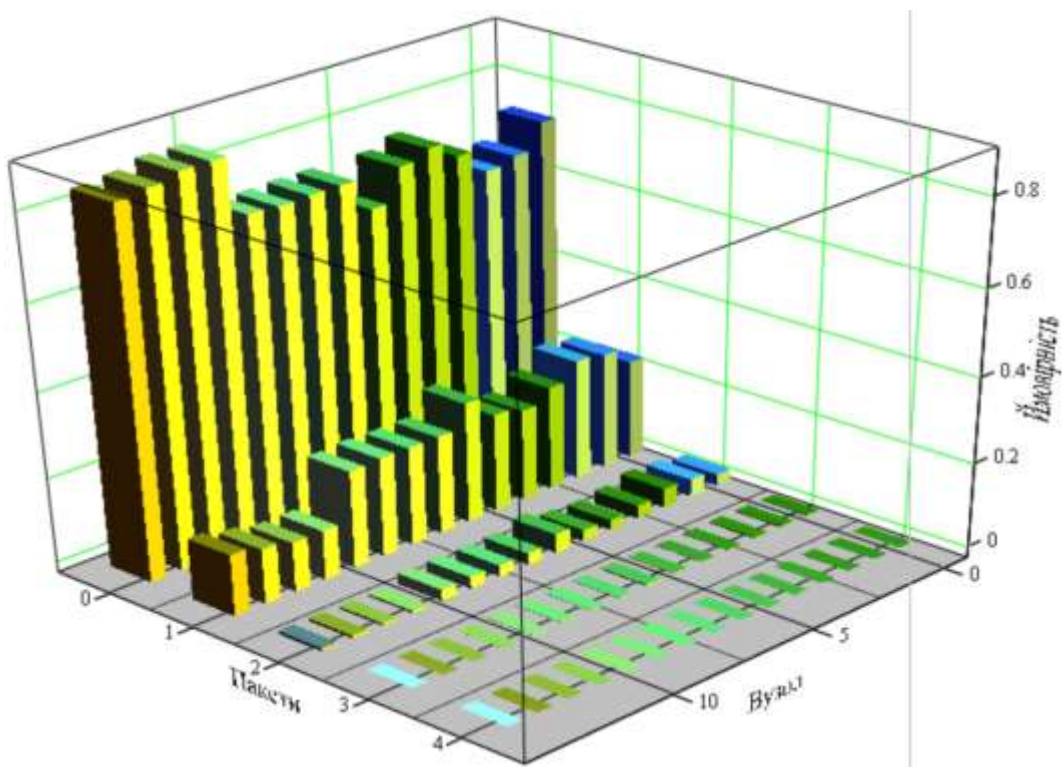


Рисунок 5.12 – Трьох-мірна візуалізація результату розрахунку скорегованої моделі при довжині повідомлень у 5 інформаційних пакетів

Скорегована структурна схема комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех» представлена на рис. 5.13.

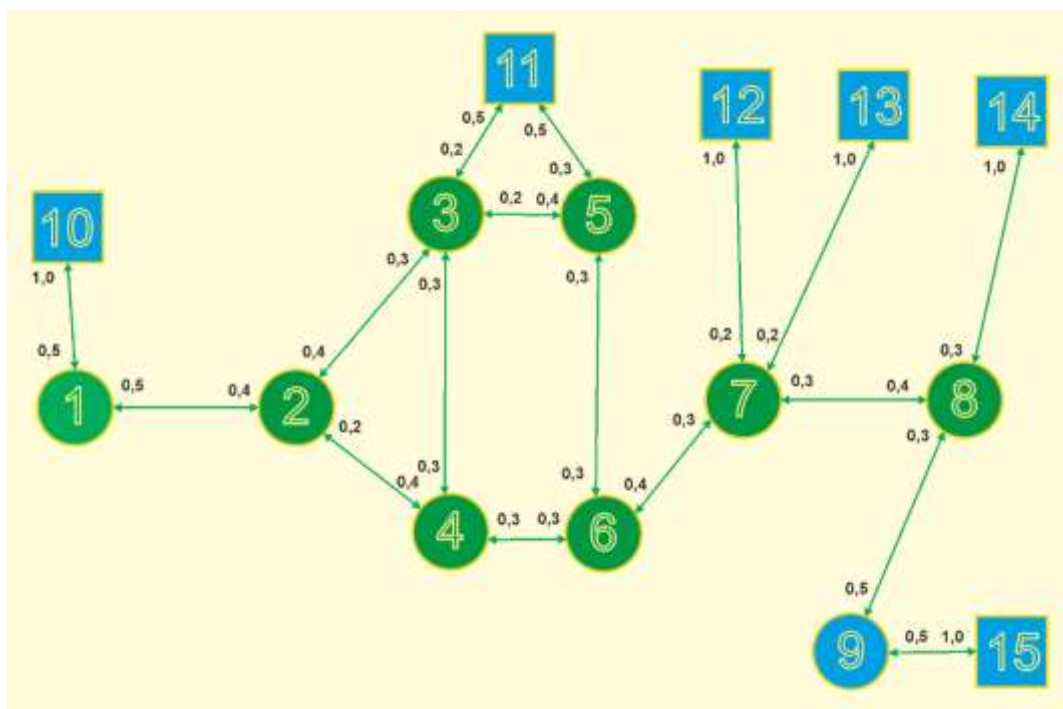


Рисунок 5.13 – Структура скорегованої комп'ютерної мережі працюючої у «звичайному» режимі - без перевантаження шкідливою дією вірусного ПЗ (кількість інформаційних пакетів дорівнює 5)

5.2.2 Параметри роботи мережі під впливом вірусних програм

5.2.2.1 Шкідливе ПО

Шкідливе програмне забезпечення (malware) - це будь-яке програмне забезпечення, створене з метою завдання шкоди комп'ютерним системам, викрадення даних, порушення роботи мереж або отримання несанкціонованого доступу до інформації. Воно є однією з найсерйозніших загроз для сучасних комп'ютерних мереж, включаючи корпоративні системи, такі як мережа ТОВ «Інфотех». Нижче наведено класифікацію, механізми поширення та методи захисту від шкідливого ПЗ, актуальні станом на 2025 рік.

Типи шкідливого програмного забезпечення

1. Віруси. Програми, які прикріплюються до інших файлів або програм і поширюються при їхньому запуску. Вони можуть модифікувати або знищувати дані, сповільнювати роботу системи. Типові файлові віруси, макровіруси, завантажувальні віруси. Механізм поширення - через заражені файли, електронну пошту, знімні носії (флешки, зовнішні диски)miyklas.com.ua+1.

2. Троянські програми (Трояни). Маскуються під легітимне програмне забезпечення, але після установки виконують шкідливі дії: крадіжку даних, створення бекдорів для зловмисників, завантаження додаткового шкідливого ПЗ. Механізм поширення - через підроблені програми, ігри, оновлення, фішингові листи.

3. Хробаки (Worms). Самостійно розмножуються і поширюються по мережах без участі користувача. Може призводити до перевантаження мереж і відмови в обслуговуванні (DDoS-атаки). Механізм поширення - через вразливості мережевих протоколів, електронну пошту, соціальні мережі.

4. Шпигунське ПЗ (Spyware). Таємно збирає інформацію про користувача (паролі, банківські дані, історію браузера) і передає її зловмиснику. Механізм поширення - через заражені веб-сайти, підроблені програми, рекламні баннери.

5. Рекламне ПЗ (Adware). Відображає небажану рекламу, може сповільнювати роботу системи і збирати дані про користувача. Механізм поширення - через безкоштовне програмне забезпечення, браузерні розширення.

6. Програми-вимагачі (Ransomware). Блокує доступ до даних або системи і вимагає викуп за їх розблокування. Механізм поширення - через фішингові листи, заражені веб-сайти, вразливості програмного забезпечення.

7. Руткіти (Rootkits). Приховують свою присутність у системі, надаючи зловмиснику адміністративний доступ. Механізм поширення - через вразливості операційних систем, заражені драйвери.

8. Ботнети. Мережа заражених комп'ютерів, якими керують зловмисники для масових атак (спам, DDoS). Механізм поширення - через трояни, хробаків, фішингmicrosoft.com.

Механізми поширення шкідливого ПЗ:

1. Фішинг. Зловмисники розсилають листи або повідомлення, які імітують легітимні джерела (банки, соціальні мережі), з метою обману користувачів і завантаження шкідливого ПЗ.

2. Експлойти. Використання вразливостей у програмному забезпеченні або операційних системах для проникнення в систему.

3. Знімні носії. Заражені флешки, зовнішні диски, які автоматично запускають шкідливе ПЗ при підключенні до комп'ютера.

4. Соціальна інженерія. Маніпуляція користувачами з метою змусити їх самостійно встановити шкідливе ПЗ (наприклад, через підроблені оновлення або програми).

5. Мережеві атаки. Використання вразливостей мережевих протоколів для поширення хробаків або троянців.

Наслідки дії шкідливого ПЗ для комп'ютерних мереж:

- сповільнення роботи системи через високе навантаження на процесор, пам'ять або мережу;

- втрата або пошкодження даних через шифрування, видалення або модифікацію файлів;

- викрадення конфіденційної інформації (паролі, банківські дані, комерційна таємниця);

- порушення роботи мережі через перевантаження трафіком (DDoS-атаки);

- фінансові втрати через виплату викупу, відновлення даних або простої бізнес-процесів.

Методи захисту від шкідливого ПЗ:

1. Антивірусне програмне забезпечення.
2. Використання сучасних антивірусів з функціями сканування в реальному часі, евристичного аналізу та блокування підозрілих дій.
3. Регулярне оновлення програмного забезпечення.
4. Встановлення оновлень для операційних систем, браузерів та додатків, щоб усунути вразливості, які можуть бути використані зловмисниками.
5. Файрволи (брандмауери)
6. Блокування несанкціонованого мережевого трафіку та підозрілих з'єднань.
7. Системи виявлення та запобігання вторгнень (IDS/IPS).
8. Моніторинг мережевого трафіку та блокування підозрілих активностей.
9. Резервне копіювання даних.
10. Регулярне створення резервних копій для швидкого відновлення даних у разі атаки.
11. Навчання користувачів.
12. Інформування співробітників про загрози фішингу, соціальної інженерії та безпечного використання Інтернету.
13. Використання ліцензійного програмного забезпечення
14. Уникнення піратського ПЗ, яке часто містить шкідливі компоненти.

Вплив шкідливого ПЗ на комп'ютерну мережу ТОВ «Інфотех» викликає збільшення кількості інформаційних пакетів у мережі вдвічі (з 5 до 10) - що імітує атаку шкідливого ПЗ - призводить до значного перевантаження вузлів №1...№11 та №15. Це підтверджує, що навіть незначне збільшення навантаження через дії malware може призвести до утворення черг пакетів, сповільнення роботи мережі та потенційних відмов у обслуговуванні.

Рекомендації для ТОВ «Інфотех»:

1. Модернізація мережевого обладнання (заміна на 1 Гбіт/с та додавання конвеєрної обробки пакетів).

2. Впровадження комплексного антивірусного захисту з функціями сканування в реальному часі та блокування підозрілих активностей.
3. Регулярне навчання співробітників з питань кібербезпеки.
4. Встановлення файрволів та систем виявлення вторгнень для моніторингу мережевого трафіку.

5.2.3 Моделювання роботи мережі ТОВ «Інфотех» в умовах впливу шкідливого вірусного ПЗ

Для оцінки стійкості комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех» до впливу шкідливого програмного забезпечення було змодельовано ситуацію, за якої інформаційне навантаження на мережу зростає вдвічі. У цьому сценарії кількість інформаційних пакетів збільшується з 5 до 10, що імітує підвищену активність, спричинену вірусною атакою або іншим шкідливим навантаженням.

Після збільшення навантаження на модернізовану мережу (з обладнанням, що підтримує швидкість передачі даних до 1 Гбіт/с), аналіз показав наступне – що, проблемними вузлами є: «вузол №1»...«вузол №11» та «вузол №15», які стали критичними точками, де спостерігаються значні затримки в обробці пакетів та утворення черг.

Трьохвимірна візуалізація результатів моделювання представлена на рис. 5.14. Графік ілюструє розподіл навантаження на мережу при 10 інформаційних пакетах і демонструє, як збільшення трафіку впливає на продуктивність окремих вузлів.

Рекомендації щодо оптимізації:

1. Для вирішення проблеми перевантаження вузлів у разі впливу шкідливого ПЗ пропонується використовувати мультимарної архітектури, які підтримують мультимарні рішення, що дозволяє масштабувати обчислювальні потужності та забезпечувати гнучке підключення, такі пристрої мають збільшену програмну потужність.

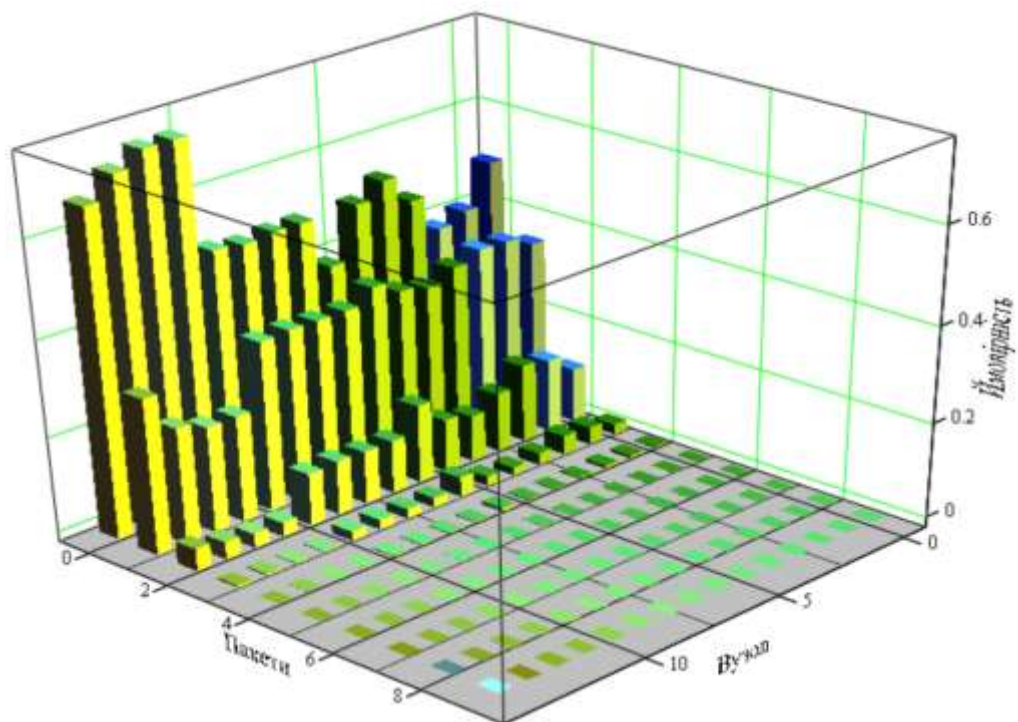


Рисунок 5.14 – Трьох-мірна візуалізація результату розрахунку скорегованої моделі при довжині повідомлень у 10 інформаційних пакетів

На рис. 5.15 показана трьох-мірна візуалізація результату розрахунку моделі для кінцевої версії.

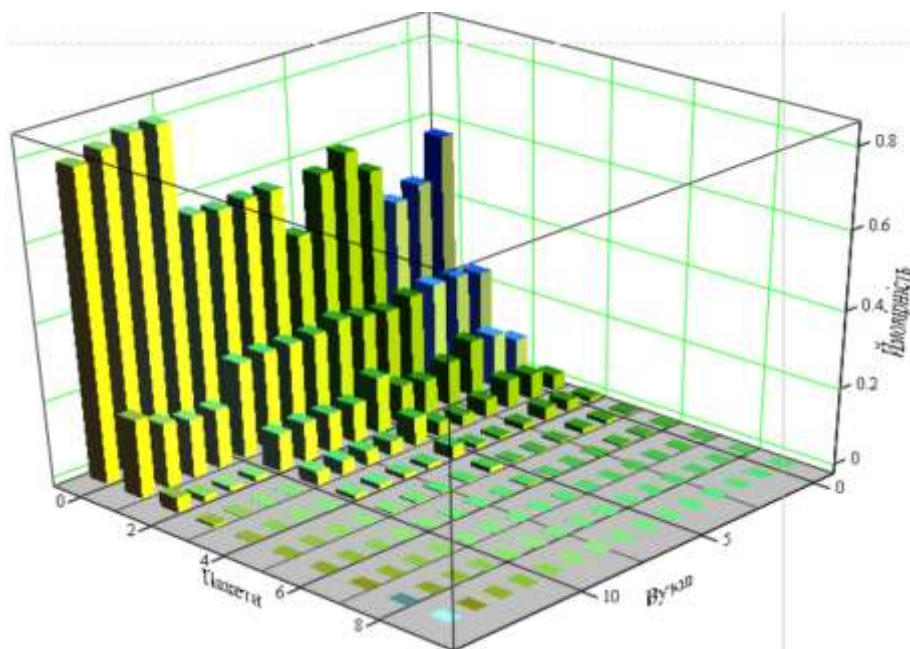


Рисунок 5.15 – Трьох-мірна візуалізація результату розрахунку кінцевої моделі при довжині повідомлень у 10 інформаційних пакетів

Кінцева конфігурація з пропускнуою здатністю для мережевих пристроїв комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех» наступна:

«Вузол №1» 1 000 МБ, конвеєр;

- «Вузол №2» 1 000 МБ, конвеєр;
- «Вузол №3» 1 000 МБ, конвеєр;
- «Вузол №4» 1 000 МБ, конвеєр;
- «Вузол №5» 1 000 МБ, конвеєр;
- «Вузол №6» 1 000 МБ, конвеєр;
- «Вузол №7» 1 000 МБ, конвеєр;
- «Вузол №8» 1 000 МБ, конвеєр;
- «Вузол №9» 100 МБ, конвеєр;
- «Вузол №10» 100 МБ, конвеєр;
- «Вузол №11» 100 МБ, конвеєр;
- «Вузол №12» 100 МБ;
- «Вузол №13» 100 МБ;
- «Вузол №14» 100 МБ;
- «Вузол №15» 100 МБ, конвеєр.

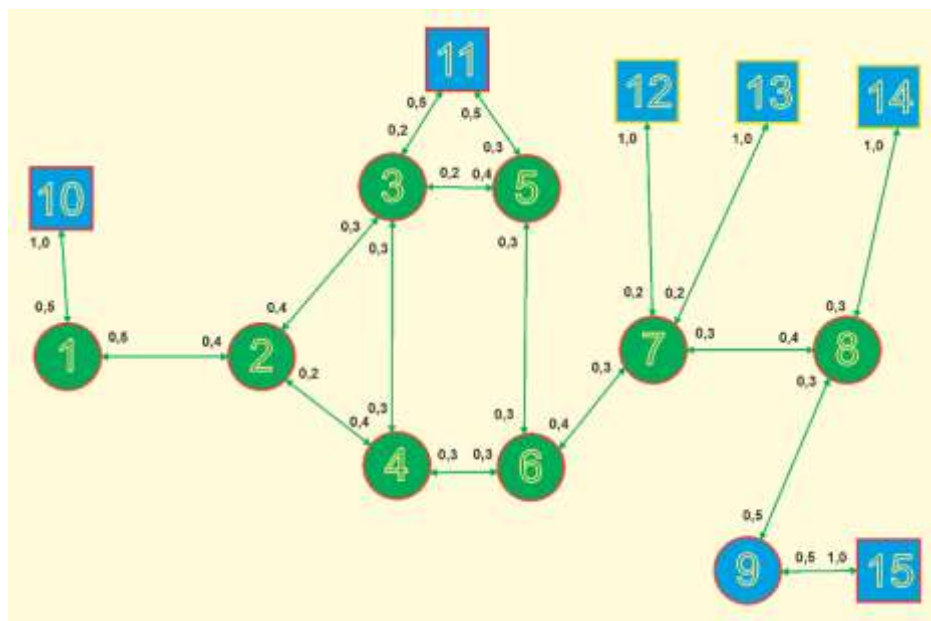


Рисунок 5.16 – Структура кінцевої моделі при довжині повідомлень у 10 інформаційних пакетів

Після проведення моделювання роботи комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех» в умовах подвоєного інформаційного навантаження (10 пакетів замість 5), спричиненого дією шкідливого програмного забезпечення, було виявлено наступне:

1. Рівномірність завантаження вузлів. Навіть за умов значного збільшення навантаження робота мережі залишається стабільною. Вузли рівномірно розподіляють трафік, зберігаючи проєктну пропускну здатність.

2. Ймовірність утворення черги: Ризик виникнення черги з двох інформаційних пакетів становить 0,2 (20%), що свідчить про ефективну роботу мережі навіть у складних умовах.

Основні висновки:

1 Стійкість до атак. Модернізована мережа ТОВ «Інфотех» демонструє високу стійкість до впливу шкідливого ПЗ. Завдяки використанню сучасного обладнання та мультимарної архітектури, мережа здатна обробляти підвищене навантаження без значних втрат продуктивності.

2. Найбільш критичний фактор. Атаки шкідливого ПЗ є найбільш негативним чинником, який впливає на продуктивність мережі. Вони призводять до збільшення навантаження та потенційного утворення черг, але завдяки оптимізації інфраструктури ці ризики мінімізовані.

3. Ефективність оптимізації. Впровадження швидкісного обладнання та масштабованих хмарних рішень дозволяє підтримувати стабільну роботу мережі навіть за умов значного збільшення трафіку.

Рекомендації для подальшого покращення:

1. Постійний моніторинг. Регулярне відстеження стану мережі для швидкого виявлення та нейтралізації загроз.

2. Оновлення програмного забезпечення: Впровадження сучасних засобів захисту від вірусних атак.

3. Резервування ресурсів: Забезпечення додаткових потужностей для обробки пікових навантажень.

5.3 Висновки по розділу

Моделювання мережі ТОВ «Інфотех» включає введення даних про продуктивність обладнання, розрахунок ймовірностей та інтенсивності потоків, а також застосування сучасних алгоритмів для оптимізації роботи системи. Це дозволяє ефективно аналізувати та прогнозувати поведінку мережі в різних умовах.

Розроблена модель комп'ютерної мережі ТОВ «Інфотех» дозволяє успішно моделювати поведінку мережі, а саме значення інтенсивності вхідного потоку, час перебування пакетів в мережевих вузлах.

При дії вірусного ПЗ була висока ймовірність виникнення черги у 3...4 пакети для деяких мережевих вузлів комп'ютерній мережі ТОВ «Інфотех». Для підвищення стійкості мережі до перевантаження була здійснена заміна в деяких мережевих вузлів застарілого обладнання з пропускною здатністю 100 МБ на обладнання з пропускною здатністю 1 ГБ та з функцією поліпшеної конвеєрної обробки інформаційних пакетів.

Ці висновки підтверджують, що модернізація мережі ТОВ «Інфотех» дозволяє ефективно протистояти впливу шкідливого ПЗ та підтримувати стабільну роботу в умовах підвищеного навантаження.

ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

Кваліфікаційна робота на тему «Обґрунтування структури та параметрів комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех» на основі моделі мережі масового обслуговування» є завершеним науковим трудом.

Актуальність та новизна дослідження - у рамках даної кваліфікаційної роботи було успішно вирішено науково-практичну задачу синтезу програмно-технічної реалізації комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех».

Новизна роботи полягає в застосуванні моделі мережі масового обслуговування (СМО) для аналізу комп'ютерної системи, ця модель дозволила:

1. Виявити «слабкі місця» в мережі при вибуховому інформаційному перевантаженні.
2. Розробити шляхи вдосконалення системи для підвищення її стійкості та продуктивності.

Практична цінність роботи - результатом дослідження стала відкрита комп'ютерна система ТОВ «Інфотех», яка забезпечує:

1. Оперативну технічну та програмну модернізацію завдяки гнучкій архітектурі.
2. Виявлення недоліків та оптимізацію на основі наукового підходу з використанням теорії масового обслуговування.

Основні результати дослідження:

1. Аналіз впливу вірусного ПЗ. Доведено, що навантаження на мережу, спричинене дією шкідливого програмного забезпечення, може призвести до значних економічних та репутаційних втрат для ТОВ «Інфотех».
2. Використання теорії масового обслуговування. Застосування методів СМО дозволило ефективно дослідити поведінку системи, уникнувши трудомістких та дорогавартісних класичних підходів.
3. Математична модель комп'ютерної системи. Розроблено замкнену модель СМО, для якої визначено параметри налаштувань, що забезпечують точність моделювання.

4. Отримані показники моделі. Визначено середні значення інтенсивності вхідного потоку, часу перебування пакетів у черзі та середньої кількості пакетів у мережеских вузлах.

5. Показники моделі відносяться до безрозмірних характеристик, що спрощує їх інтерпретацію та порівняння.

6. Оптимізація мережі. Для підвищення стійкості до перевантажень було замінено застаріле обладнання (з пропускною здатністю 100 Мбіт/с) на сучасне (з пропускною здатністю 1 Гбіт/с), що підтримує поліпшену конвеєрну обробку пакетів.

7. Працездатність системи. Моделювання показало, що удосконалена комп'ютерна система ТОВ «Інфотех» ефективно функціонує в різних режимах навантаження, забезпечуючи надійність та стабільність роботи.

Рекомендації щодо впровадження - на основі проведених досліджень рекомендується застосування удосконаленої структури комп'ютерної системи ТОВ «Інфотех», яка:

- гарантує надійність у різних режимах роботи;
- зменшує ризики відмов та перевантажень;
- забезпечує гнучкість для подальшої модернізації.

Ця робота може служити основою для подальших досліджень у галузі оптимізації комп'ютерних мереж та застосування теорії масового обслуговування в практичних завданнях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. The problem of information overload in business organisations: a review of the literature. Angela Edmunds, Anne Morris. PERGAMON. International Journal of Information Management 20 (2000) 17}28. Режим доступу: <http://dea128fc.free.fr/CoursA/A1-Management%20&%20TIC/Articles%20scientifiques/infooverload.pdf>
2. The Importance of IT Services for Businesses: A Comprehensive Guide. Режим доступу: <https://www.linkedin.com/pulse/importance-services-businesses-comprehensive-guide>
3. Software Business and Development – Software Engineering. Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering-software-business-and-development/>
4. Alles, was Sie über Cybersecurity wissen müssen – NIS2, DORA, NIST CSF 2.0, ISO27001 und BSI IT-Grundschutz. Режим доступу: <https://www.boc-group.com/de/blog/grc/cybersecurity-vorschriften-und-standards/>
5. The problem of information overload in business organisations: a review of the literature. Angela Edmunds, Anne Morris. PERGAMON. International Journal of Information Management 20 (2000) 17}28. Режим доступу: <http://dea128fc.free.fr/CoursA/A1-Management%20&%20TIC/Articles%20scientifiques/infooverload.pdf>
6. Simulation and Modelling of Computer Networks. Antoni Izworski¹, Slawomir Skowronski¹, and Jozef B., Wroclaw University of Technology, Wyb. Wyspianskiego 27, Wroclaw, Poland.
7. Computer Networking: A Survey. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/317101504_Computer_Networking_A_Survey
8. Налаштування маршрутизатора Cisco. Режим доступу: <https://uatt.com.ua/nalashtuvannia-marshrutyatora-cisco/>

9. What Are Aggregation Services Routers (ASR)? Режим доступу:
<https://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/what-are-aggregated-services-routers.html>

10. Комп'ютерні віруси та як від них захиститися: поради кіберполіції. Режим доступу:
<https://cyberpolice.gov.ua/article/kompyuterni-virusy-ta-yak-vid-nyx-zaxystytysya-porady-kiberpolicziyi-6568/>

ДОДАТОК А**Текст програми****Програмно-технічна реалізація модель комп'ютерної системи ТОВ****«Інфотех»**

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ
КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ТОВ «ІНФОТЕХ»

Текст програми

804.02070743.23028-01 12 01

Листів 18

2025

АНОТАЦІЯ

Цей програмний документ містить технічне завдання на розробку математичної моделі комп'ютерної системи для ТОВ «Інфотех». Реалізація програмного забезпечення здійснена в середовищі Mathcad 15 під управлінням операційної системи Windows 10.

Основною метою розробленого ПЗ є моделювання та аналіз параметрів комп'ютерної системи компанії за допомогою рекурентного алгоритму Бузена. Цей метод дозволяє розраховувати характеристики системи як замкнутої мережі масового обслуговування (СМО), що забезпечує точність та ефективність обчислень.

ЗМІСТ

	стор.
1. Перелік використаних змінних	4
2. Текст програми	6
3. Результати розрахунку	7

1 Перелік використаних змінних, та переклад коментарів

N_n – кількість вузлів мережі.

τ – час обробки одного пакета у вузлу.

P_r – матриця перехідних ймовірностей.

e – матриця перехідних коефіцієнтів.

m – кількість конвеєрів у вузлах.

N – кількість пакетів що циркулюють в мережі.

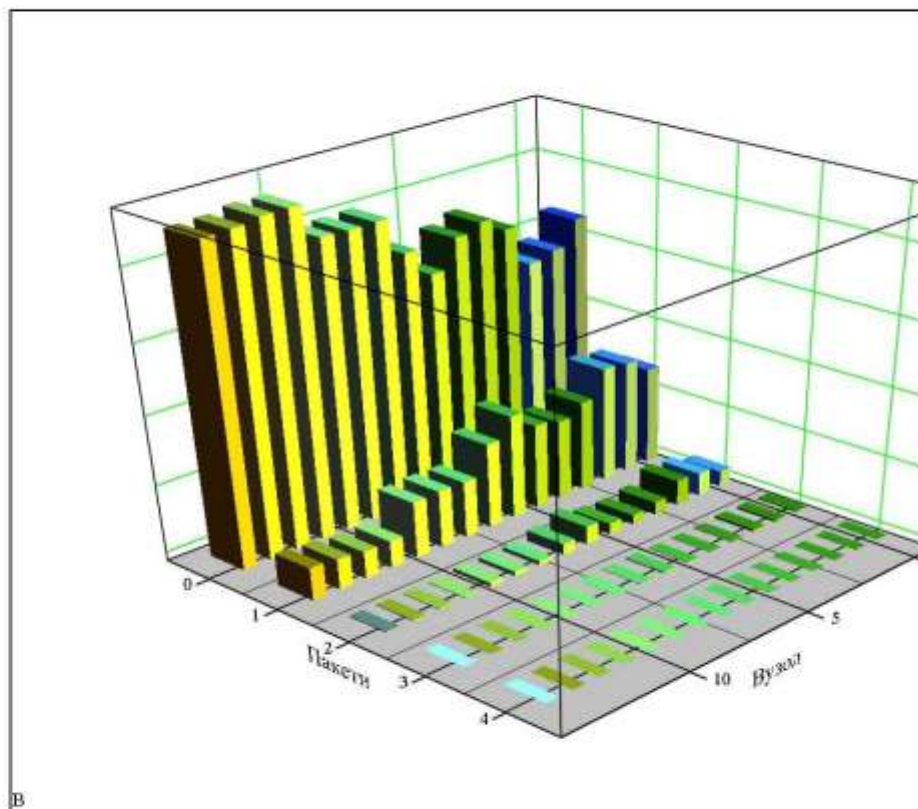
B – матриця ймовірностей черги у вузлах.

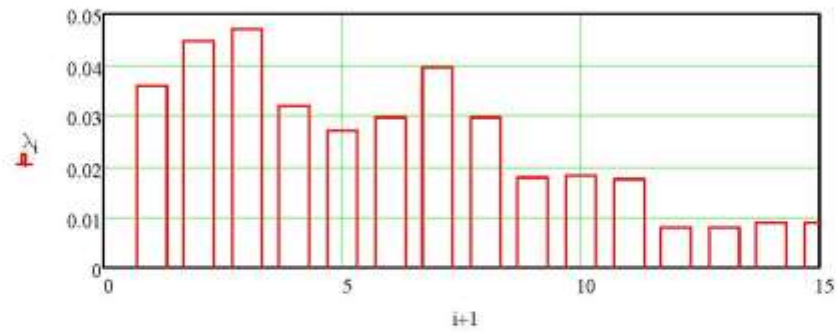
λ – середня інтенсивність запитів на вході у вузол.

L – середня черга пакетів у вузлу.

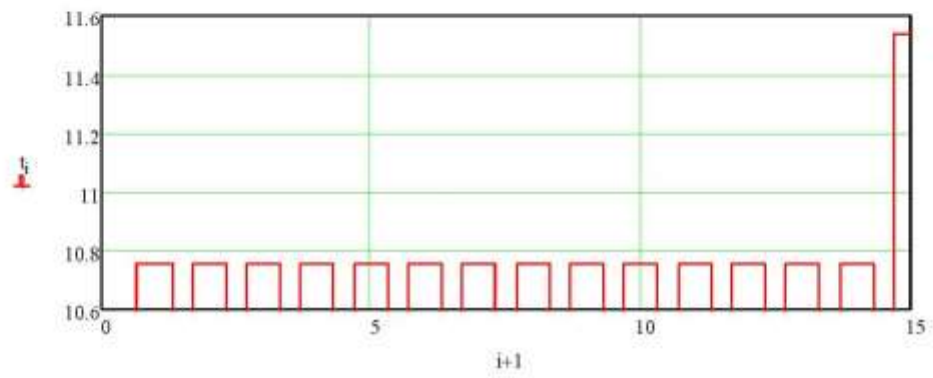
t – середній час перебування пакета у вузлу.

2 Текст програми

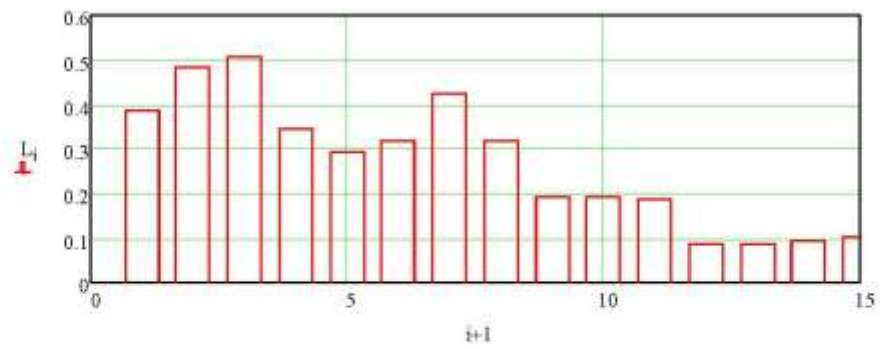




Середній час перебування пакета



Середня кількість пакетів



Інтенсивність вхідного потоку

	0
0	0.036
1	0.045
2	0.047
3	0.032
4	0.027
5	0.03
6	0.039
7	0.03
8	0.018
9	0.018
10	0.018
11	$7.865 \cdot 10^{-3}$
12	$7.865 \cdot 10^{-3}$
13	$8.871 \cdot 10^{-3}$
14	$8.871 \cdot 10^{-3}$

 $\lambda =$

Середнє число пакетів в вузлах

	0
0	0.386
1	0.483
2	0.507
3	0.344
4	0.291
5	0.317
6	0.423
7	0.317
8	0.19
9	0.193
10	0.189
11	0.085
12	0.085
13	0.095
14	0.102

 $L =$

Середній час перебування пак

$$t_i := \frac{L_i}{\lambda_i}$$

 $t =$

	0
0	10.751
1	10.751
2	10.751
3	10.751
4	10.751
5	10.751
6	10.751
7	10.751
8	10.751
9	10.751
10	10.751
11	10.751
12	10.751
13	10.751
14	11.538

Інтенсивність вхідного потоку

	0	1	2	3	4
0	0.666	0.285	0.045	$3.597 \cdot 10^{-3}$	0
1	0.598	0.328	0.068	$6.178 \cdot 10^{-3}$	$2.119 \cdot 10^{-4}$
2	0.582	0.338	0.073	$7.111 \cdot 10^{-3}$	$2.58 \cdot 10^{-4}$
3	0.698	0.262	0.037	$2.318 \cdot 10^{-3}$	$5.447 \cdot 10^{-5}$
4	0.739	0.232	0.027	$1.424 \cdot 10^{-3}$	$2.791 \cdot 10^{-5}$
5	0.718	0.248	0.032	$1.839 \cdot 10^{-3}$	$3.963 \cdot 10^{-5}$
6	0.639	0.303	0.054	$4.235 \cdot 10^{-3}$	$1.253 \cdot 10^{-4}$
7	0.718	0.248	0.032	$1.839 \cdot 10^{-3}$	$3.963 \cdot 10^{-5}$
8	0.823	0.164	0.012	$4.105 \cdot 10^{-4}$	$5.128 \cdot 10^{-6}$
9	0.82	0.166	0.013	$4.28 \cdot 10^{-4}$	$5.426 \cdot 10^{-6}$
10	0.824	0.163	0.012	$4.008 \cdot 10^{-4}$	$4.964 \cdot 10^{-6}$
11	0.918	0.079	$2.569 \cdot 10^{-3}$	$3.699 \cdot 10^{-5}$	$1.997 \cdot 10^{-7}$
12	0.918	0.079	$2.569 \cdot 10^{-3}$	$3.699 \cdot 10^{-5}$	$1.997 \cdot 10^{-7}$
13	0.908	0.089	$3.25 \cdot 10^{-3}$	$5.292 \cdot 10^{-5}$...

$$i := 0..Nn \quad j := 0..N-1$$

$$\text{SumB}_i := \sum_j B_{i,j}$$

	0
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1.003

$$\lambda_1 := e_1 \cdot \frac{G_{Nn-1, N-2}}{G_{Nn, N-1}}$$

$$\lambda_1 := \sum_{n=0}^{N-1} (n \cdot B_{1,n})$$

	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0.905	0.095	$3.411 \cdot 10^{-3}$	$5.421 \cdot 10^{-5}$	$3.231 \cdot 10^{-7}$

Розрахунок допоміжних коефіцієнтів

	$i := 0..Nn-1$	$i := 1..N-1$	$Gn_{i,0} := 1$	
	0	1	2	3
0	0	103.6	$4.33 \cdot 10^3$	$1.368 \cdot 10^5$
1	1	91.1	$4.15 \cdot 10^3$	$1.26 \cdot 10^5$
2	1	90.47	$4.092 \cdot 10^3$	$1.234 \cdot 10^5$
3	1	94.7	$4.484 \cdot 10^3$	$1.415 \cdot 10^5$
4	1	96.07	$4.615 \cdot 10^3$	$1.478 \cdot 10^5$
5	1	95.38	$4.549 \cdot 10^3$	$1.446 \cdot 10^5$
6	1	92.64	$4.291 \cdot 10^3$	$1.325 \cdot 10^5$
7	1	95.38	$4.549 \cdot 10^3$	$1.446 \cdot 10^5$
8	1	98.67	$4.868 \cdot 10^3$	$1.601 \cdot 10^5$
9	1	98.6	$4.861 \cdot 10^3$	$1.598 \cdot 10^5$
10	1	98.71	$4.872 \cdot 10^3$	$1.603 \cdot 10^5$
11	1	101.41	$5.142 \cdot 10^3$	$1.738 \cdot 10^5$
12	1	101.41	$5.142 \cdot 10^3$	$1.738 \cdot 10^5$
13	1	101.13	$5.114 \cdot 10^3$...

$i := 0..Nn-1$ $j := 0..N-1$

$$B_{i,j} := \frac{T_{i,j}}{G_{Nn,N-1}} Gn_{i,N-1-j}$$

14	1	2.47	3.03	2.312	1.331
----	---	------	------	-------	-------

Розраховуємо константи для другого і наступних вузлів

$$i := 1..Nn \quad k := 0..N-1$$

$$G_{0,j} := T_{0,j}$$

$$G_{i,k} := \sum_{j=0}^k (T_{i,j} \cdot G_{i-1,k-j})$$

G =

	0	1	2	3	4
0	1	10	50	166.667	416.667
1	1	22.5	253.125	$1.898 \cdot 10^3$	$1.068 \cdot 10^4$
2	1	35.63	634.748	$7.539 \cdot 10^3$	$6.715 \cdot 10^4$
3	1	44.53	991.46	$1.472 \cdot 10^4$	$1.638 \cdot 10^5$
4	1	52.06	$1.355 \cdot 10^3$	$2.352 \cdot 10^4$	$3.061 \cdot 10^5$
5	1	60.28	$1.817 \cdot 10^3$	$3.651 \cdot 10^4$	$5.502 \cdot 10^5$
6	1	71.24	$2.538 \cdot 10^3$	$6.026 \cdot 10^4$	$1.073 \cdot 10^6$
7	1	79.46	$3.157 \cdot 10^3$	$8.362 \cdot 10^4$	$1.661 \cdot 10^6$
8	1	84.39	$3.561 \cdot 10^3$	$1.002 \cdot 10^5$	$2.113 \cdot 10^6$
9	1	89.39	$3.995 \cdot 10^3$	$1.19 \cdot 10^5$	$2.66 \cdot 10^6$
10	1	94.28	$4.444 \cdot 10^3$	$1.397 \cdot 10^5$	$3.292 \cdot 10^6$
11	1	96.47	$4.653 \cdot 10^3$	$1.496 \cdot 10^5$	$3.609 \cdot 10^6$
12	1	98.66	$4.867 \cdot 10^3$	$1.601 \cdot 10^5$	$3.948 \cdot 10^6$
13	1	101.13	$5.114 \cdot 10^3$	$1.724 \cdot 10^5$	$4.358 \cdot 10^6$
14	1	103.6	$5.366 \cdot 10^3$	$1.853 \cdot 10^5$	$4.8 \cdot 10^6$

$$B_{Nn,j} := \frac{T_{Nn,j}}{G_{Nn,N-1}} \cdot G_{Nn,N-1-j}$$

$$B_{Nn,0} := 1 - B_{Nn,1}$$

$$X_i := \frac{c_i}{\mu_i}$$

Обчислення матриці констант T

$$X =$$

	0
0	10
1	12.5
2	13.13
3	8.9
4	7.53
5	8.22
6	10.96
7	8.22
8	4.93
9	5
10	4.89
11	2.19
12	2.19
13	2.47
14	2.47

$$T_{i,0} := 1$$

$$T_{i,j} := \frac{(X_j)^j}{A_{i,j}}$$

$$T =$$

	0	1	2	3	4
0	1	10	50	166.667	416.667
1	1	12.5	78.125	325.521	1.017·10 ³
2	1	13.13	86.198	377.262	1.238·10 ³
3	1	8.9	39.605	117.495	261.426
4	1	7.53	28.35	71.16	133.958
5	1	8.22	33.784	92.569	190.229
6	1	10.96	60.061	219.422	601.217
7	1	8.22	33.784	92.569	190.229
8	1	4.93	12.152	19.971	24.614
9	1	5	12.5	20.833	26.042
10	1	4.89	11.956	19.488	23.825
11	1	2.19	2.398	1.751	0.958
12	1	2.19	2.398	1.751	0.958
13	1	2.47	3.05	2.512	1.551
14	1	2.47	3.05	2.512	1.551

Задаємо кількість пакетів які циркулюють в мережі
5 - нормальний режим, 10 - з вірусами (N);

$$i := 0..Nn$$

$$j := 0..N-1$$

$$N := 5$$

Задаємо кількість конвєсрв в кожному вузлі (m_i) $m=1 - \max, 10 - \min$

$$m_i :=$$

10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10

$$m =$$

	0
0	10
1	10
2	10
3	10
4	10
5	10
6	10
7	10
8	10
9	10
10	10
11	10
12	10
13	10
14	10

Розрахунок значень функції A

$$A_{i,j} := \begin{cases} j! & \text{if } m_i \geq N-1 \\ 1 & \text{if } m_i = 1 \\ j! & \text{if } 1 < m_i < N-1 \wedge j \leq m_i \\ m_i! \cdot (m_i)^{j-m_i} & \text{if } 1 < m_i < N-1 \wedge j > m_i \end{cases}$$

$$A =$$

	0	1	2	3	4
0	1	1	2	6	24
1	1	1	2	6	24
2	1	1	2	6	24
3	1	1	2	6	24
4	1	1	2	6	24
5	1	1	2	6	24
6	1	1	2	6	24
7	1	1	2	6	24
8	1	1	2	6	24
9	1	1	2	6	24
10	1	1	2	6	24
11	1	1	2	6	24
12	1	1	2	6	24
13	1	1	2	6	24
14	1	1	2	6	24

$$Q_{j,0} := P_{j,0}^2$$

Q =

	0
0	-0.5
1	-1
2	-1
3	-1
4	-1
5	-1
6	-1
7	-1
8	-0.5
9	-1
10	-1
11	-1
12	-1
13	-1

$$E := \text{Isolve}(PP2, Q)$$

E =

	0
0	-1.25
1	-1.313
2	-0.89
3	-0.753
4	-0.822
5	-1.096
6	-0.822
7	-0.493
8	-0.5
9	-0.489
10	-0.219
11	-0.219
12	-0.247
13	-0.247

Створюємо матрицю коефіцієнтів (e):

$e_{j,0}$

1
1.25
1.313
0.89
0.753
0.822
1.096
0.822
0.493
0.5
0.489
0.219
0.219
0.247
0.247

$$r_1 =$$

7	0	0	0	0	0	0	0.3	-1	0.5	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0.3	-1	0	0	0	0
9	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
10	0	0	0.2	0	0.3	0	0	0	0	0	-1	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	-1
12	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0

$$j := 1..Nn \quad i := 0..Nn$$

$$P_2 =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	-0.5	-0.6	0.3	0.4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	-1	0.8	-1	0.3	0.4	0	0	0	0	1	0.5	0	0
2	-1	0.6	0.3	-1	0	0.3	0	0	0	1	0	0	0
3	-1	0.4	0.2	0	-1	0.3	0	0	0	1	0.5	0	0
4	-1	0.4	0	0.3	0.3	-1	0.3	0	0	1	0	0	0
5	-1	0.4	0	0	0	0.4	-1	0.4	0	1	0	1	1
6	-1	0.4	0	0	0	0	0.3	-1	0.5	1	0	0	0
7	-1	0.4	0	0	0	0	0	0.3	-1	1	0	0	0
8	-0.5	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	-1	0.4	0.2	0	0.3	0	0	0	0	1	-1	0	0
10	-1	0.4	0	0	0	0	0.2	0	0	1	0	-1	0
11	-1	0.4	0	0	0	0	0.2	0	0	1	0	0	-1
12	-1	0.4	0	0	0	0	0	0.3	0	1	0	0	0
13	-1	0.4	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0

$$j := 0..Nn - 1 \quad i := 0..Nn - 1 \quad PP_2_{j,i} := P_2_{j,i+1}$$

$$PP_2 =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	-0.6	0.3	0.4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0.8	-1	0.3	0.4	0	0	0	0	1	0.5	0	0	0
2	0.6	0.3	-1	0	0.3	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0.4	0.2	0	-1	0.3	0	0	0	1	0.5	0	0	0
4	0.4	0	0.3	0.3	-1	0.3	0	0	1	0	0	0	0
5	0.4	0	0	0	0.4	-1	0.4	0	1	0	1	1	1
6	0.4	0	0	0	0	0.3	-1	0.5	1	0	0	0	0
7	0.4	0	0	0	0	0	0.3	-1	1	0	0	0	0
8	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0.4	0.2	0	0.3	0	0	0	0	1	-1	0	0	0
10	0.4	0	0	0	0	0.2	0	0	1	0	-1	0	0
11	0.4	0	0	0	0	0.2	0	0	1	0	0	-1	0
12	0.4	0	0	0	0	0	0.3	0	1	0	0	0	0
13	0.4	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0.5	0	0.3	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0.4	0	0.3	0.4	0	0	0	0	0	0.5	0
3	0	0.2	0.3	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0.2	0	0	0.3	0	0	0	0	0.5	0
5	0	0	0	0.3	0.3	0	0.3	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0.4	0	0.4	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0.5	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0
9	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0.2	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	...

P =

Створюємо діагональну матрицю (D):

$$D := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$P1 := P - D$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	-1	0.4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
1	0.5	-1	0.3	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0.4	-1	0.3	0.4	0	0	0	0	0	0.5	0	
3	0	0.2	0.3	-1	0	0.3	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0.2	0	-1	0.3	0	0	0	0	0.5	0	
5	0	0	0	0.3	0.3	-1	0.3	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0.4	-1	0.4	0	0	0	0	1

Задасмо матрицю імовірностей передачі (Pr):

$$Pr := \begin{pmatrix} 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 & 0.3 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.3 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0.3 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Перевірка правильності заповнення передаточної матриці

$$\text{SumPr}_1 := \sum_{j=0}^{Nn} Pr_{1,j}$$

	0
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1

Розрахунок коефіцієнтів передачі

$$P := Pr^T$$

