

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи
фахового молодшого бакалавра**

на тему: **Організація локальної мережі для регіонального офісу «Lifecell»**

Виконав студент IV курсу, групи ТК-41
спеціальності 172 Телекомунікації та
радіотехніка
ОПП «Телекомунікації та комп'ютерні
технології»
Мазепа Роман Ігорович

Керівник	_____	Микола ЧИЖЕНЬКОВ
	(підпис)	
Нормоконтролер	_____	Володимир ПЛІШ
	(підпис)	
Рецензент	_____	Людмила КРЕМПА
	(підпис)	
Голова ЕК	_____	Андрій ВАХ
	(підпис)	
Члени ЕК	_____	Ігор ТИБЕЛЬ
	(підпис)	
	_____	Володимир ПЛІШ
	(підпис)	

Дипломна робота захищена в ЕК «___» _____ 2025 р.

з оцінкою «_____»

Львів 2025

РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи: 66 сторінок, 21 рисунок, 17 таблиць, 9 формул, 7 джерел, 1 додаток.

Об'єкт проектування – локальна комп'ютерна мережа.

Мета виконання дипломної роботи полягає в розробці проекту локальної комп'ютерної мережі офісу, визначенні структури, топології, визначені необхідного складу мережевого обладнання та програмного забезпечення.

Методи дослідження: описовий, аналітичний, розрахунковий.

Галузь використання – мережі електронних комунікацій.

У процесі виконання дипломної роботи було проаналізовано технічні вимоги до сучасних локальних комп'ютерних мереж, з урахуванням специфіки діяльності офісу оператора зв'язку.

У рамках роботи було здійснено вибір мережевої топології, визначено основні технічні характеристики системи, складено структурну схему локальної мережі та підібрано необхідне обладнання. Проведено розрахунок необхідної пропускної здатності каналів зв'язку та підбір мережевого обладнання відповідно до пропускної здатності та надійності. Також визначено програмне забезпечення для підтримки роботи офісної інфраструктури.

Результати дипломної роботи можуть бути використані як практичне рішення для модернізації або створення нових офісних мереж у сфері електронних комунікацій, що забезпечують високий рівень обслуговування клієнтів, швидкий обмін даними та централізоване управління інформаційними ресурсами.

КОМП'ЮТЕР, ЛОКАЛЬНА КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА, МЕРЕЖЕВЕ
ОБЛАДНАННЯ, КАБЕЛЬ, КАБЕЛЬНА СИСТЕМА, КОМУТАТОР, КОНЦЕНТРАТОР,
РОУТЕР, ТОПОЛОГІЯ МЕРЕЖІ, КОШТОРИС, ТРАФІК, ПРОГРАМНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ETHERNET

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АТС – автоматична телефонна станція
ЕОМ – електронна обчислювальна машина
ЛМ – локальна мережа
ТР – телекомунікаційна розетка
ЛОМ – локальна обчислювальна мережа
ОС – операційна система
ПЗ – програмне забезпечення
ПК – персональний комп'ютер
СУБД – система управління базами даних
ФОП – фізична особа підприємець
ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line
DSL – Digital Subscriber Line
FDDI – Fiber Distributed Data Interface
FTP – File Transfer Protocol
GE – Gigabit Ethernet
IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT – Internet of Things
IP – Internet Protocol
IT – Intelligent technology
LAN – Local Area Network
MAC – Media Access Control
OSI – Open System Interconnection
RAM – Random Access Memory
UTP – Unshielded Twisted Pair
VOIP – Voice over Internet Protocol
VPN – Virtual Private Network
WWW – World Wide Web
WiFi – Wireless Fidelity

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ.....	7
2 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ.....	14
3 РОЗРОБКА ТОПОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ МЕРЕЖІ.....	21
3.1 Розрахунок трафіку.....	21
3.2 Розробка топологічної схеми.....	27
3.3 Розрахунок кабельної системи.....	30
4 ВИБІР МЕРЕЖЕВОГО ОБЛАДНАННЯ.....	36
5 ВИБІР ПРОГРАМНОГО ТА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	50
5.1 Вибір програмного забезпечення.....	50
5.2 Вибір апаратного забезпечення.....	52
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	57
7 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	59
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
ДОДОТОК 1 ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ.....	67

ВСТУП

У сучасному бізнес-середовищі надійна та ефективна комп'ютерна мережа є основою стабільної роботи будь-якої організації. Особливо це актуально для компаній, що працюють у сфері телекомунікацій, де обсяг даних, швидкість обміну інформацією та якість обслуговування клієнтів мають критичне значення. Одним із таких підприємств є оператор мобільного зв'язку «Lifecell», який має розгалужену мережу регіональних офісів, що потребують сучасних технічних рішень для підтримки внутрішніх процесів.

Організація локальної комп'ютерної мережі для регіонального офісу «Lifecell» є важливим завданням, оскільки вона забезпечує злагоджену роботу персоналу, централізований доступ до корпоративних ресурсів, ефективну взаємодію з центральним офісом, а також обробку клієнтських запитів у режимі реального часу. Правильно спроектована мережа дозволяє досягти високої швидкості передачі даних, мінімізувати затримки, підвищити безпеку інформації та забезпечити можливість подальшого масштабування.

Дана дипломна робота покликана підсумувати набуті теоретичні знання та практичні навички, здобуті в процесі навчання, зокрема у галузі комп'ютерних мереж, системного адміністрування, проектування ІТ-інфраструктури та інформаційної безпеки. Реалізація такого проєкту демонструє здатність студента самостійно аналізувати потреби замовника, обґрунтовувати технічні рішення, використовувати сучасне мережеве обладнання та застосовувати стандарти проектування.

Метою роботи є розробка повноцінного проєкту локальної мережі для регіонального офісу компанії «Lifecell» з урахуванням її специфіки, вимог до продуктивності, безпеки та надійності. У процесі виконання буде проведено аналіз потреб офісу, обрано оптимальну топологію, підібрано необхідне обладнання, створено структурну схему мережі та виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Технічне завдання – це спеціальний документ, який визначає основні призначення, основні показники якості, техніко-економічні та інші спеціальні вимоги до проекту, обсягу, стадії розроблення та складу конструкторської і іншої документації.

У технічному завданні відповідно до вимог ДСТУ 3973-2000 повинна бути відображена така інформація:

- загальні відомості;
- призначення та мета створення ЛОМ;
- характеристика об'єктів, поєднаних у ЛОМ;
- вимоги до ЛОМ;
- склад та зміст робіт зі створення ЛОМ;
- порядок контролю та прийняття ЛОМ;
- вимоги до складу й змісту робіт з підготовки ЛОМ до вводу в дію;
- вимоги до документування;
- джерела розробки.

У даній дипломній роботі потрібно спроектувати локальну комп'ютерну мережу.

Метою дипломної роботи є розробка мережі відділення «Lifecell», що відповідає сучасним науково-технічним вимогам, з урахуванням зростаючих потреб і можливістю подальшого поступового вдосконалення мережі в зв'язку з появою нових технічних і програмних рішень.

Комп'ютерна мережа призначена для:

- створення єдиного інформаційного простору,
- підтримка різноманітного мережевого програмного забезпечення;
- забезпечення всім клієнтам мережі високошвидкісного з'єднання;
- забезпечення надійності, гнучкості, інформаційної системи;
- забезпечувати прозорий доступ до інформації авторизованому користувачу відповідно до його прав і привілеїв.

Мета створення системи:

- автоматизація роботи підприємства;
- пошук, аналіз та зберігання інформації;
- ведення обліку документообігу.

Завдання полягає в розробці та налагодженні локальної комп'ютерної мережі для регіонального відділення компанії «Lifecell» у місті Львів. «Lifecell» – це телекомунікаційна компанія в Україні, надає послуги зв'язку та передачі даних на основі мобільних і фіксованих технологій, у тому числі 4G (LTE) в Україні.

Послуги, які надає відділення «Lifecell» користується значна кількість населення України. Мобільна мережа «Lifecell» охоплює практично всі міста України, а також понад 20 тис. сільських населених пунктів, усі основні національні й регіональні траси, більшість морських та річкових узбереж. Станом на 2025 рік «Lifecell» є одним з трьох найбільших операторів мобільного зв'язку, а також одним з найбільших інтернет-провайдерів широкопasmового доступу в Україні, обслуговуючи близько 20 млн. клієнтів мобільного зв'язку і більше 1 млн. клієнтів широкопasmового фіксованого інтернету в Україні

Відділення «Lifecell» у м. Львів.

Відділення «Київстар» - це магазин і центр обслуговування клієнтів, що надає стандартні послуги:

- безкоштовна заміна SIM-картки на USIM (4G Ready);
- продаж стартових пакетів, телефонів, аксесуарів (в т.ч. в розстрочку);
- підключення на контракт;
- trade-in/вдалий обмін;
- фіксовані телефонія та Інтернет/0-800;
- віртуальна мобільна АТС;
- IoT/M2M;
- Мобільний зв'язок для юридичних осіб та ФОП;
- Підключення на контракт для юридичних осіб та ФОП.

Технічне завдання на проєкт локальної комп'ютерної мережі центрального відділення «Lifecell» м. Львів. Проспект Свободи, буд 6/8.

Загальний опис проєкту

Об'єкт знаходиться на проспекті Свободи, буд. 6/8 та розташований у житловому будинку на 1 поверсі. Площа всього офісу становить 80,75 метрів квадратних. Офіс складається з трьох приміщень. Найбільше приміщення становить 47,75 де знаходиться магазин, який потрібно забезпечити одним робочим місцем для продавця, який повинен мати комп'ютер і IP-телефон та принтер, також там повинні знаходитись три термінали самообслуговування з. Друге приміщення становить площу 16,5 квадратних метрів, у другому приміщенні повинні розташовуватись центр обслуговування фізичних абонентів, його потрібно забезпечити трьома робочими місцями для консультантів з трьома комп'ютерами, телефонними пристроями і одним принтером. Третє приміщення-адміністративне, становить 16,5 квадратних метрів, повинне налічувати два робочі місця для керівника відділення і бухгалтера забезпеченими двома комп'ютерами, телефонами та одним принтером.

Крім того в офісі планується встановлення 7 камер відеоспостереження для забезпечення безпеки працівників та клієнтів.

Вимоги до мережі

Потрібно виконати наступні умови:

- мережа повинна забезпечувати передачу даних між комп'ютерами, розташованими в ній;
- елементи мережі повинні забезпечувати передачу даних між комп'ютерами, розташованими в ній, і глобальною мережею;
- продуктивність;
- надійність і безпека;
- розширюваність і масштабованість;
- прозорість;
- керованість;
- сумісність;
- доступ до високошвидкісного Інтернету, до цифрового телебачення та до телефону) через єдину лінію зв'язку, а також забезпечення інших сервісів у мережі передачі даних (відеоспостереження, сигналізація тощо);

- мережа має бути виконана відповідно до вимог кабельних стандартів;
- всі компоненти кабельної системи повинні відповідати категорії 5e;
- всі використані матеріали і комунікаційне устаткування повинні відповідати вимогам кабельних стандартів.

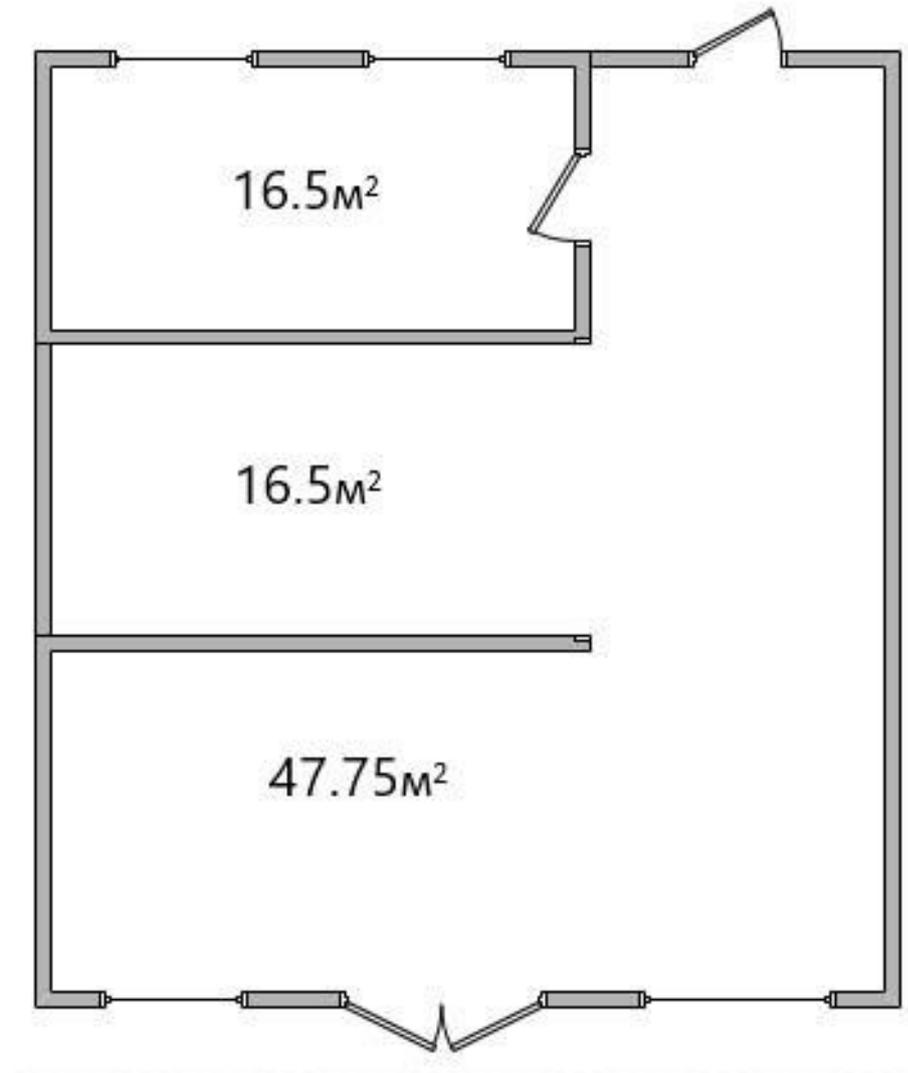


Рисунок 1.1 – План приміщень

Попередньо запропоновано таку структуру мережі (рис. 1.1), яка передбачає логічне розділення на сегменти та формування окремих робочих груп відповідно до функціонального призначення підрозділів офісу. Такий підхід дозволяє оптимізувати маршрутизацію трафіку, підвищити ефективність роботи користувачів, а також забезпечити гнучке керування доступом до ресурсів мережі.

Кожен сегмент містить певну кількість робочих станцій, які об'єднані спільною задачею або належать до одного відділу (наприклад, технічної

підтримки, бухгалтерії, керівництва тощо). Комунікація між групами здійснюється через комутатори з підтримкою VLAN, що дозволяє ізолювати трафік окремих підрозділів і водночас забезпечити контрольований доступ до загальних сервісів, таких як сервери, принтери чи шлюз в Інтернет.



Рисунок 1.2 – Приклад структури ЛМ по підрозділам підприємства

Запропонована структура забезпечує масштабованість мережі, спрощує адміністрування та підвищує рівень безпеки, оскільки зменшує ризик поширення мережових атак між різними сегментами.

Крім того, така побудова мережі дозволяє ефективніше використовувати мережеві ресурси та зменшити загальне навантаження на окремі вузли. Розподіл на сегменти дає змогу локалізувати внутрішній трафік у межах кожної групи, що позитивно впливає на швидкість обміну даними та загальну продуктивність мережі.

Виділення окремих логічних зон також полегшує впровадження політик доступу, моніторинг активності користувачів та застосування правил фільтрації. Наприклад, сегмент адміністративного персоналу може мати обмежений доступ до технічної документації, у той час як ІТ-відділ — повні права на всі внутрішні ресурси. Така гнучкість дозволяє адаптувати мережу під реальні потреби офісу без необхідності кардинальної зміни фізичної інфраструктури.

Завдяки такій структурі забезпечується більш надійна та контрольована робота локальної мережі, що особливо важливо для сучасної організації, яка обробляє велику кількість даних і потребує стабільного, захищеного та масштабованого мережевого середовища.

Розміщення кінцевих пристроїв

В приміщенні площею $S_1 = 16,5 \text{ м}^2$, кабінеті директора планується розташувати два робочих місця (ПК), один принтер, IP-телефон та сервер.

У приміщенні для обслуговування клієнтів площею $S_2 = 16,5 \text{ м}^2$ планується розташувати два робочих місця (ПК), також встановлення одного принтера і два IP-телефона.

У магазині площею $S_3 = 47,75 \text{ м}^2$ буде розташовано чотири робочих місця (ПК), буде встановлено два принтера між двома столами та на кожне місце по IP-телефону, також для клієнтів встановлено 3 термінала самообслуговування, а також для безпеки і контролю якості обслуговування дві відеокамери в залі магазину, 1 в відділі обслуговування клієнтів і 4 по фасадах для контролю доступу до приміщення. Для безпеки та контролю у приміщеннях буде встановлено камери відеоспостереження.

Таблиця 1.1 – Розміщення кінцевих пристроїв

Приміщення	Кількість робочих місць, ПК	Кількість IP-телефонів	Кількість мережевих камер	Кількість мережевих принтерів	Кількість терміналів
Директор (серверна) площею $S_1 = 16,5 \text{ м}^2$	2	2	1	1	-
Зал для обслуговування клієнтів площею $S_2 = 16,5 \text{ м}^2$	2	2	2	1	-
Магазин площею $S_3 =$	4	4	4	2	3

47,75 м ²					
РАЗОМ	8	8	7	4	3

Схематичне зображення показує остаточне розміщення комп'ютерів, принтерів та іншого обладнання в приміщенні після проектування та встановлення комп'ютерної мережі. Бачимо кілька робочих місць, розташованих по периметру та всередині приміщення, кожне з яких має комп'ютер і принтер. У приміщенні дирекції встановлена серверна стійка з мережевим обладнанням, до якого підключені всі клієнтські пристрої та серверами.

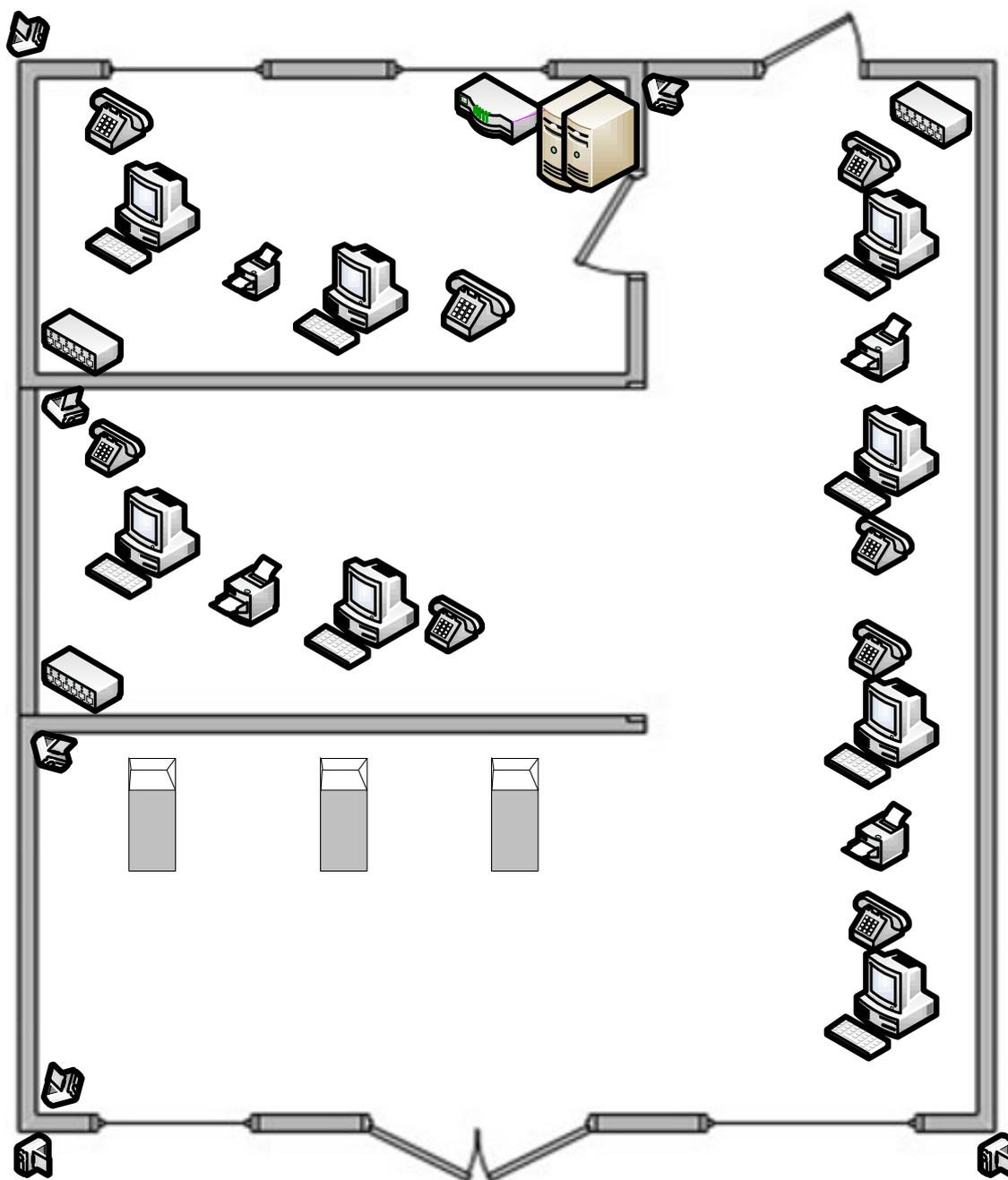


Рисунок 1.3 – Кінцеве розміщення пристроїв

2 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Локальні комп'ютерні мережі – це системи розподіленої обробки даних і, на відміну від глобальних та регіональних комп'ютерних мереж, охоплюють невеликі території (діаметром 5-10 км) всередині окремих контор, банків, бірж, вузів, установ, науково-дослідних організацій і т.д. При допомозі загального каналу зв'язку локальна мережа може об'єднувати від десятків до сотень абонентських вузлів, що включають персональні комп'ютери, зовнішні запам'ятовуючі пристрої, дисплеї, друкуючі і копіюючі пристрої, касові і банківські апарати, інтерфейсні схеми та інше. Локальні мережі можуть під'єднуватися до інших локальних і великих (регіональних або глобальних) мереж за допомогою спеціальних шлюзів, мостів і маршрутизаторів, які реалізуються на спеціалізованих пристроях або на персональних комп'ютерах з відповідним програмним забезпеченням.

Відносно невелика складність і вартість локальних обчислювальних мереж, основу яких складають персональні комп'ютери, забезпечують широке використання їх в сферах автоматизації комерційної, банківської та інших видів діяльності, діловодства, технологічних і виробничих процесів, для створення розподілених управлінських, інформаційно-довідкових, контрольно-вимірювальних систем, систем промислових роботів і гнучких промислових виробництв. В більшості випадків успіх використання локальних мереж обумовлений їх доступністю масовому користувачу, з одного боку, і тими соціально-економічними наслідками, які вони вносять в різноманітні види людської діяльності з іншого. Якщо на початку своєї діяльності локальні мережі здійснювали обмін міжмашинною і міжпроцесорною інформацією, то на наступних стадіях свого розвитку вони дозволяють передавати, в доповненні до цього, текстову, цифрову, графічну і мовну інформацію. Завдяки цьому почали з'являтися центри машинної обробки ділової (документальної) інформації - наказів, звітів, відомостей, калькуляцій, рахунків, листів і т.д. Такі центри об'єднали певну кількість автоматизованих робочих місць і стали новим етапом на шляху створення в майбутньому безпаперових технологій для застосування в

керівних, фінансових, облікових та інших підрозділах. Це дозволило відмовитись від громіздких, незручних і трудомістких карткових каталогів, конторських і бухгалтерських книг та іншого, замінивши їх компактними і зручними комп'ютерними носіями інформації - магнітними і оптичними дисками, магнітними стрічками і т.д. У разі необхідності можна легко отримати копію документа на паперовому носії.

Топологія локальних комп'ютерних мереж визначає спосіб з'єднання вузлів мережі між собою. Існує кілька основних типів топологій, які мають свої переваги та недоліки.

Топологія "зірка"

Це найпоширеніша топологія для сучасних локальних мереж. У центрі розміщується комутатор або концентратор, до якого підключаються всі комп'ютери та пристрої за допомогою окремих кабелів. Комунікація між будь-якими двома вузлами здійснюється через центральний комутатор. Переваги: легка діагностика та усунення несправностей, відмова одного вузла не впливає на решту мережі. Недолік: від центрального комутатора залежить робота всієї мережі.

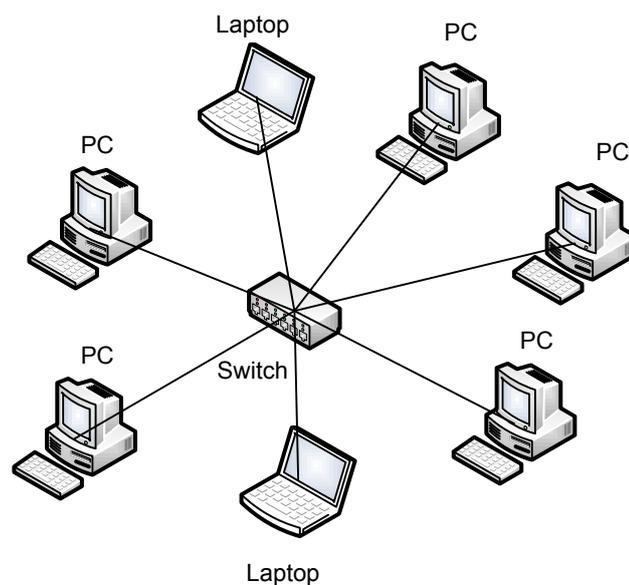


Рисунок. 2.1 - Топологія зірка

Топологія "шина"

У цій топології всі вузли підключені до єдиного кабелю, який служить спільним каналом передачі даних. Дані передаються послідовно від одного кінця кабелю до іншого. Переваги: простота і дешевизна реалізації. Недоліки: відмова кабелю або одного вузла виводить з ладу всю мережу, складність виявлення несправностей.

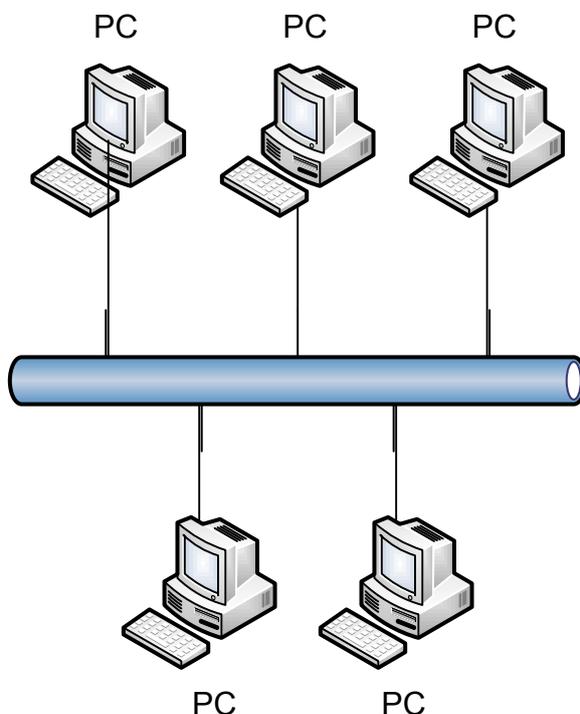


Рисунок 2.2 - Топологія шина

Топологія "кільце"

Тут вузли з'єднані в замкнене коло за допомогою окремих кабелів між сусідніми вузлами. Дані передаються послідовно від вузла до вузла по кільцю. Переваги: відсутність конфліктів при передачі даних. Недоліки: відмова одного вузла виводить з ладу все кільце, складність реконфігурації.

Сьогодні топологія "зірка" є стандартом для локальних мереж завдяки простоті адміністрування, масштабованості та стійкості до збоїв окремих вузлів.

Після розгляду топології "зірка, шина, кільце" як стандартної для сучасних локальних мереж завдяки її перевагам у простоті адміністрування, масштабованості та стійкості до відмов окремих вузлів, доцільно перейти до

аналізу обладнання, що застосовується для реалізації такої топології та забезпечення функціонування локальної мережі.

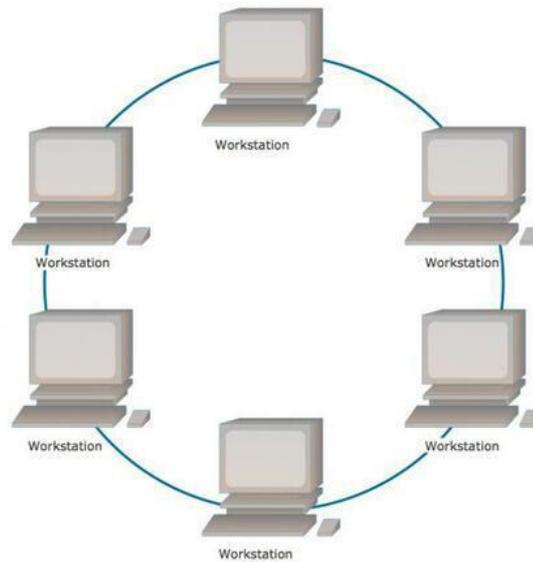


Рисунок 2.3 – Топологія кільце

Основними компонентами, які слід розглянути з точки зору їх ролі та характеристик:

Хаб (концентратор, hub) - це дуже простий пристрій для об'єднання декількох вузлів в одну зірку топології локальної мережі.

Основні характеристики хабів:

- Хаб транслює весь отриманий трафік на всі свої порти, створюючи спільний широкомовний домен для всіх підключених до нього пристроїв. Це не дуже ефективно з точки зору використання пропускної здатності;
- Оскільки хаб працює на каналному рівні моделі OSI, він не має можливості регулювати та керувати потоками даних. Коли два або більше пристроїв одночасно передають дані через хаб, відбуваються колізії, що сповільнює роботу мережі;
- Хаб не має функцій фільтрації чи комутації трафіку на основі MAC-адрес. Він просто транслює весь трафік на всі порти;
- З появою комутаторів, які працюють на більш високому рівні моделі OSI і можуть комутувати трафік, використання хабів стало менш ефективним.

Попри простоту і низьку вартість, хаби мають суттєві недоліки в безпеці, продуктивності та масштабованості в порівнянні з комутаторами. Через це їх використання в сучасних локальних мережах досить обмежене і вони в основному застосовуються в невеликих домашніх чи тимчасових мережах.

Свіч – (мережевий комутатор) - це пристрій, що дозволяє з'єднувати кілька ділянок комп'ютерної мережі. Дане обладнання є свого роду багатопортовим мостом між комп'ютерами в мережі. Відмінною рисою комутатора є можливість передавати пакети даних конкретному одержувачу, що оптимізує роботу мережі, знижуючи навантаження, підвищуючи безпеку. Завдяки можливості "думати" комутатори витіснили концентратори (хаби) і активно використовуються в побудові мереж.

Можливість адресної відправки пакетів досягається шляхом фіксації індивідуальних MAC-адрес підключених комп'ютерів в спеціальній таблиці, яка заповнюється в міру використання світча користувачами і зверненнями до мережі. У міру отримання інформації про підключені пристрої, комутатор "розуміє" куди відправляти отримані пакети, що істотно підвищує продуктивність.

Шлюз (gateway) в локальній мережі необхідний для з'єднання її з іншими мережами, зокрема з глобальною мережею Інтернет.

-Трансляція мережевих адрес (NAT)

Шлюз виконує трансляцію приватних внутрішніх IP-адрес локальної мережі в зовнішні публічні IP-адреси, що дозволяє комп'ютерам локальної мережі отримувати доступ в Інтернет.

-Маршрутизація між мережами

Шлюз пересилає IP-пакети між різними мережами з різними діапазонами IP-адрес, вибираючи відповідні маршрути.

-Брандмауер

Більшість шлюзів містять функції брандмауера для забезпечення безпеки локальної мережі, фільтруючи і блокуючи небажаний трафік.

-DHCP-сервер

Шлюз часто виконує роль DHCP-сервера, автоматично призначаючи IP-адреси пристроям локальної мережі.

Таким чином, шлюз є критично важливим компонентом, що забезпечує зв'язок локальної мережі з зовнішніми мережами та Інтернетом, виконуючи маршрутизацію, трансляцію адрес та функції безпеки.

У невеликих офісах чи домашніх мережах роль шлюзу часто виконує домашній маршрутизатор, що поєднує функції маршрутизатора, брандмауера, NAT, DHCP-сервера.

Маршрутизатор — це пристрій, який передає між модемом та підключеними пристроями інтернет та локальні дані. Це може бути автономний пристрій, який підключається до вашого модему за допомогою одного кабелю Ethernet, або частина єдиного гібридного пристрою модем/маршрутизатор. Він також використовується для управління мережею та приховування ваших локальних пристроїв від Інтернету. Маршрутизатор служить концентратором та брандмауером для локальних дротових пристроїв. Він має кілька портів для комп'ютерів, ігрових консолей, медіа-стрімерів тощо, а також порт, призначений для зв'язку з модемом.

Маршрутизатор Wi-Fi (або бездротовий маршрутизатор) додає бездротові пристрої до вашої локальної мережі на додаток до підтримки дротових підключень. Бездротовий маршрутизатор може мати до 8 зовнішніх антен, тоді як в інших моделях антени упаковуються в корпус і їх не видно. Бездротовий шлюз — це єдиний пристрій, який виконує функції модему та маршрутизатора. Зазвичай він включає кілька портів на задній панелі для дротових підключень. Антени Wi-Fi можуть бути внутрішніми або зовнішніми залежно від моделі.

Маршрутизатор можна представити як невеликий комп'ютер, призначений для ретрансляції лише мережевого трафіку. Він має процесор, системну пам'ять для тимчасового керування даними, два пристрої зберігання з початковою конфігурацією, діагностичне програмне забезпечення та флеш-пам'ять для операційної системи (прошивки). На задній панелі знаходяться кілька портів для дротових підключень Ethernet та 1 або 2 порти USB для спільного мережевого сховища.

Всі бездротові пристрої, починаючи від ноутбуків, а також смартфонів і закінчуючи гаджетами, мають внутрішні антени, які надсилають та отримують мережеві дані.

Зовнішні антени на бездротовому маршрутизаторі зазвичай забезпечують найкращий радіус дії та пропускну здатність. Ви також можете маневрувати цими антенами, щоб вони могли краще передавати сигнали у певне місце. Тим часом, внутрішніми антенами не можна маніпулювати. Маршрутизатор керує локальним мережевим трафіком і служить загальнодоступною мережевою адресою, приховуючи ваші пристрої від інтернету.

3 РОЗРОБКА ТОПОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ МЕРЕЖІ

3.1 Розрахунок трафіку

Коефіцієнт використання середовища та прогнозний трафік в основному визначаються завданнями, що будуть виконувати кінцеві пристрої мережі.

Для кожного з поставлених завдань прогнозний трафік P_e визначається як співвідношення усередненого часу заняття середовища певним завданням $t_{сер}$ до сумарного часу роботи троб. У випадку повного заняття середовища певним завданням потрібно розділити на пропускну здатність цього середовища P_n :

$$P_e = (t_{сер} \times n / t_{роб}) \times P_n \text{ Мбіт/с}, \quad (3.1)$$

де $t_{сер}$ – усереднений час заняття середовища певним завданням;

n – кількість кінцевих пристроїв;

$t_{роб}$ – сумарний час роботи при довжині робочого дня у робочих 8 год. буде становити $8 \times 60 = 480$ хв.;

P_n – пропускну здатність середовища, для технології Ethernet $P_n = 100$ Мбіт/с.

Таблиця 3.1 – Поширені служби в офісних мережах

№ з/п	Служби	Середній час заняття службою мережі, хв.	Потрібна швидкість, Мбіт/с
1	Обмін файлами	10 – 60 на одну станцію	100
2	Файловий сервер	120 – 360	100
3	Резервування інформації	5 – 30 на одну станцію, 10 – 120 на один сервер	100
4	Мережевий друк	1 – 20 на один принтер	100
5	Служба терміналів	10 – 300 на один термінал	0,014 – 0,1
6	СУБД	5 – 30 на одну станцію	100
7	Віддалений доступ	60 – 480 на одну пару модемів	---
8	Інтернет	10 – 120 на одну станцію	100
9	Електронна пошта	0,5 – 2 на одну станцію	100
10	Інтранет	5 – 20 на одну станцію	100
11	Інтерактивні повідомлення	1 – 5 на одну станцію	---
12	ІР-телефонія	10 – 60 на одну станцію	0,064
13	Відеоконференції	20 – 40 на одну станцію	1
14	Служби мережевої безпеки	15 – 20 на один сервер, 1 – 5 на одну станцію	100

Також вважаємо, що мережеві IP-камери відеоспостереження цілодобово передають інформацію на сервер, відповідно час заняття становить 1440 хв. в добу.

Для визначення сумарного трафіку мережі ПЗЗ потрібно розраховані значення додаються і, при потребі, корегуються.

$$\text{ПЗЗ} = (\sum \text{Pe}) \times \text{кс.т.} \times \text{кз} \text{ Мбіт/с}, \quad (3.2)$$

де $\sum \text{Pe}$ – загальний трафік;

кс.т. – коефіцієнт іншого неврахованого трафіку, кс. т. = (від 1,05 до 1,07);

кз – коефіцієнт, що передбачає майбутнє нарощення кількості користувачів мережі, кз = (від 1,2 до 2,0)

Виконую розрахунок трафіку для підрозділу 1 (магазин).

Кількість персональних комп'ютерів – 4, мережевих принтерів – 2, SIP-телефонів – 4, відеокамер – 4, терміналів самообслуговування – 3.

Визначаю прогнозний трафік різних служб за формулою (3.1):

Для персональних комп'ютерів

$$\text{Pe1} = (35 \times 4 / 1440) \times 100 = 9,72 \text{ Мбіт/с}$$

Для FTP-сервера та робочих місць

$$\text{Pe3} = (17,5 \times 4 / 1440) \times 100 = 4,86 \text{ Мбіт/с}$$

Для мережевих принтерів

$$\text{Pe4} = (10,5 \times 2 / 1440) \times 100 = 1,45 \text{ Мбіт/с}$$

Для FTP-сервера та робочих місць

$$\text{Pe6} = (17,5 \times 4 / 1440) \times 100 = 4,86 \text{ Мбіт/с}$$

Для сервера доступу до інтернет та персональних комп'ютерів

$$\text{Pe8} = (65 \times 4 / 1440) \times 100 = 18,05 \text{ Мбіт/с}$$

Для поштового сервера та персональних комп'ютерів

$$\text{Pe9} = (1,25 \times 4 / 1440) \times 100 = 0,34 \text{ Мбіт/с}$$

Для персональних комп'ютерів

$$Pe_{10} = (12,5 \times 4 / 1440) \times 100 = 3,47 \text{ Мбіт/с}$$

Для сервера VoIP та всіх SIP-телефонів (64 кбіт/с=0,064 Мбіт/с)

$$Pe_{12} = (35 \times 4 / 1440) \times 0,064 = 0,01 \text{ Мбіт/с}$$

Для персональних комп'ютерів (1 Мбіт/с)

$$Pe_{13} = (30 \times 4 / 1440) \times 1 = 0,0833 \text{ Мбіт/с}$$

Для відеокамер (1 Мбіт/с)

$$Pe_{15} = (1440 \times 4 / 1440) \times 1 = 4 \text{ Мбіт/с}$$

Для терміналів самообслуговування (100 кбіт/с=0,1 Мбіт/с)

$$Pe_{5} = (155 \times 3 / 1440) \times 0,1 = 0,032 \text{ Мбіт/с}$$

Визначаю сумарний трафік ПШЗ магазину за формулою (3.2):

$$\begin{aligned} & \text{ПШЗ (магазин)} = \\ & (9,72 + 4,86 + 1,45 + 4,86 + 18,05 + 0,34 + 3,47 + 0,01 + 0,0833 + 4 + 0,032) \times 1,06 \times 1,2 = 46,884 \\ & \text{Мбіт/с} \end{aligned}$$

Виконую розрахунок трафіку для підрозділу 2 (офіс).

Кількість персональних комп'ютерів – 2, мережевих принтерів – 1, SIP-телефонів – 2, відеокамер – 1.

Визначаю прогнозний трафік різних служб за формулою (3.1):

Для персональних комп'ютерів

$$Pe_{1} = (35 \times 2 / 1440) \times 100 = 4,86 \text{ Мбіт/с}$$

Для FTP-сервера та робочих місць

$$Pe_{3} = (17,5 \times 2 / 1440) \times 100 = 2,43 \text{ Мбіт/с}$$

Для мережевих принтерів

$$Pe_{4} = (10,5 \times 1 / 1440) \times 100 = 3,65 \text{ Мбіт/с}$$

Для FTP-сервера та робочих місць

$$Pe(6) = (17,5 \times 2 / 1440) \times 100 = 2,43 \text{ Мбіт/с}$$

Для сервера доступу до інтернет та персональних комп'ютерів

$$Pe(8) = (65 \times 2 / 1440) \times 100 = 9,02 \text{ Мбіт/с}$$

Для поштового сервера та персональних комп'ютерів

$$Pe(9) = (1,25 \times 2 / 1440) \times 100 = 0,17 \text{ Мбіт/с}$$

Для персональних комп'ютерів

$$Pe(10) = (12,5 \times 2 / 1440) \times 100 = 1,73 \text{ Мбіт/с}$$

Для сервера VoIP та всіх SIP-телефонів (64 кбіт/с=0,064 Мбіт/с)

$$Pe(12) = (35 \times 2 / 1440) \times 0,064 = 0,003 \text{ Мбіт/с}$$

Для персональних комп'ютерів (1 Мбіт/с)

$$Pe(13) = (30 \times 2 / 1440) \times 1 = 0,041 \text{ Мбіт/с}$$

Для відеокамер (1 Мбіт/с)

$$Pe(15) = (1440 \times 1 / 1440) \times 1 = 1 \text{ Мбіт/с}$$

Визначаю сумарний трафік ПΣз офісу за формулою (3.2):

$$\begin{aligned} \text{ПΣз (офіс)} &= (4,86 + 2,43 + 3,65 + 2,43 + 9,02 + 0,17 + 1,73 + 0,003 + 0,041 + 1) \times 1,06 \times 1,2 \\ &= 25,33 \text{ Мбіт/с} \end{aligned}$$

Виконую розрахунок трафіку для підрозділу 2 (адміністрація).

Кількість персональних комп'ютерів – 2, мережових принтерів – 1, SIP-телефонів – 2, відеокамер – 2.

Визначаю прогнозний трафік різних служб за формулою (3.1):

Для персональних комп'ютерів

$$Pe(1) = (35 \times 2 / 1440) \times 100 = 4,86 \text{ Мбіт/с}$$

Для FTP-сервера та робочих місць

$$Pe(3) = (17,5 \times 2 / 1440) \times 100 = 2,43 \text{ Мбіт/с}$$

Для мережевих принтерів

$$Pe(4) = (10,5 \times 1/1440) \times 100 = 3,65 \text{ Мбіт/с}$$

Для FTP-сервера та робочих місць

$$Pe(6) = (17,5 \times 2/1440) \times 100 = 2,43 \text{ Мбіт/с}$$

Для сервера доступу до інтернет та персональних комп'ютерів

$$Pe(8) = (65 \times 2/1440) \times 100 = 9,02 \text{ Мбіт/с}$$

Для поштового сервера та персональних комп'ютерів

$$Pe(9) = (1,25 \times 2/1440) \times 100 = 0,17 \text{ Мбіт/с}$$

Для персональних комп'ютерів

$$Pe(10) = (12,5 \times 2/1440) \times 100 = 1,73 \text{ Мбіт/с}$$

Для сервера VoIP та всіх SIP-телефонів (64 кбіт/с=0,064 Мбіт/с)

$$Pe(12) = (35 \times 2/1440) \times 0,064 = 0,003 \text{ Мбіт/с}$$

Для відеокамер (1 Мбіт/с)

$$Pe(15) = (1440 \times 2/1440) \times 1 = 2 \text{ Мбіт/с}$$

Визначаю сумарний трафік ПΣз адміністрації за формулою (3.2):

ПΣз (адміністрація) =

$$(4,86 + 2,43 + 3,65 + 2,43 + 9,02 + 0,17 + 1,73 + 0,003 + 0,041 + 1) \times 1,06 \times 1,2 = 33,22 \text{ Мбіт/с}$$

Сервери повинні забезпечити наступні мережеві сервіси:

- Проху-сервер – для доступу в інтернет;
- Фаєрвол – для захисту локальної мережі;
- поштовий сервер;
- FTP-сервер – для доступу до внутрішніх ресурсів;
- VoIP-сервер;
- RAID – для резервування внутрішньої інформації;
- сервер СУБД – для баз даних компанії;

– запис відеоспостереження;

Отже, приймаю рішення про встановлення двох таких серверів:

Сервер А) FTP-сервер резервування інформації, сервер СУБД, відеоспостереження;

Сервер В) сервер доступу до інтернет, поштовий сервер, VoIP-сервер, фаєрвол.

Виконаємо розрахунок для серверної.

Для FTP-сервера

$$Pe(2) = (240 \times 1 / 1440) \times 100 = 16,67 \text{ Мбіт/с}$$

Для FTP-сервера та персональних комп'ютерів

$$Pe(3) = (17,5 \times 8 / 1440) \times 100 = 9,72 \text{ Мбіт/с}$$

Для FTP-сервера та персональних комп'ютерів

$$Pe(6) = (17,5 \times 8 / 1440) \times 100 = 9,72 \text{ Мбіт/с}$$

Для сервера доступу до інтернет та персональних комп'ютерів

$$Pe(8) = (65 \times 8 / 1440) \times 100 = 36,11 \text{ Мбіт/с}$$

Для поштового сервера та персональних комп'ютерів

$$Pe(9) = (1,25 \times 8 / 1440) \times 100 = 0,69 \text{ Мбіт/с}$$

Для сервера VoIP та всіх SIP-телефонів (64 кбіт/с=0,064 Мбіт/с)

$$Pe(12) = (35 \times 8 / 1440) \times 0,064 = 0,012 \text{ Мбіт/с}$$

Для сервера фаєрволу

$$Pe(14) = (3,5 \times 8 / 1440) \times 100 = 1,94 \text{ Мбіт/с}$$

Для відеокамер (1 Мбіт/с)

$$Pe(15) = (1440 \times 7 / 1440) \times 1 = 7 \text{ Мбіт/с}$$

Визначаю сумарний трафік ПΣз ПΣз на кожен сервер за формулою (3.2):

$$\text{Сервер А)} \quad ПΣз(А) = (16,67 + 9,72 + 9,72 + 7) \times 1,06 \times 1,2 = 45,014 \text{ Мбіт/с}$$

Сервер В) $\text{П}\Sigma\text{з(В)} = (36,11+0,69+0,012+1,94) \times 1,06 \times 1,2 = 39,279 \text{ Мбіт/с}$

По результатам розрахунків сумарного трафіку ПΣ потрібно внести корекцію так, щоб коефіцієнт використання середовища квик не досягав 1, а краще не більше 0,6.

Визначаю коефіцієнт використання середовища для кожного сегменту окремо.

$$k_{\text{вик}} = \text{П}\Sigma / P_n \quad (3.3)$$

Магазин:

$$\text{П}\Sigma\text{з} = 46,88/100=0,47$$

Офіс:

$$\text{П}\Sigma\text{з} = 33,22/100=0,33$$

Адміністрація:

$$\text{П}\Sigma\text{з} = 25,33/100=0,25$$

Сервер А:

$$\text{П}\Sigma\text{з(А)} = (16,67+9,72+9,72+7) \times 1,06 \times 1,2 = 45,014 \text{ Мбіт/с}/100=0,45$$

Сервер В:

$$\text{П}\Sigma\text{з(В)} = (36,11+0,69+0,012+1,94) \times 1,06 \times 1,2 = 39,279 \text{ Мбіт/с}/100=0,39$$

3.2 Розробка топологічної схеми

По результатах розрахунку коефіцієнти використання кожного з сегментів менші за одиницю. Це вказує на достатньо оптимальне розділення клієнтських пристроїв по визначених сегментах. Таким чином, якихось додаткових змін конфігурації мережі, таких як розбивка на сегменти, реконфігурація сегментів, встановлення додаткових зв'язків, робити не потрібно. Приймаємо таку конфігурацію остаточною.

Розробляю топологічну схему локальної мережі (рис. 3.1).

Топологічна схема локальної мережі - це візуальне представлення її структури, яке демонструє фізичні або логічні зв'язки між усіма елементами мережі, такими як комп'ютери, сервери, комутатори, маршрутизатори, принтери, точки доступу та інше обладнання.

Топологічна схема — це важливий інструмент для будь-якого фахівця з мереж, оскільки вона дозволяє швидко зрозуміти логіку побудови мережі та спростити її технічну підтримку.

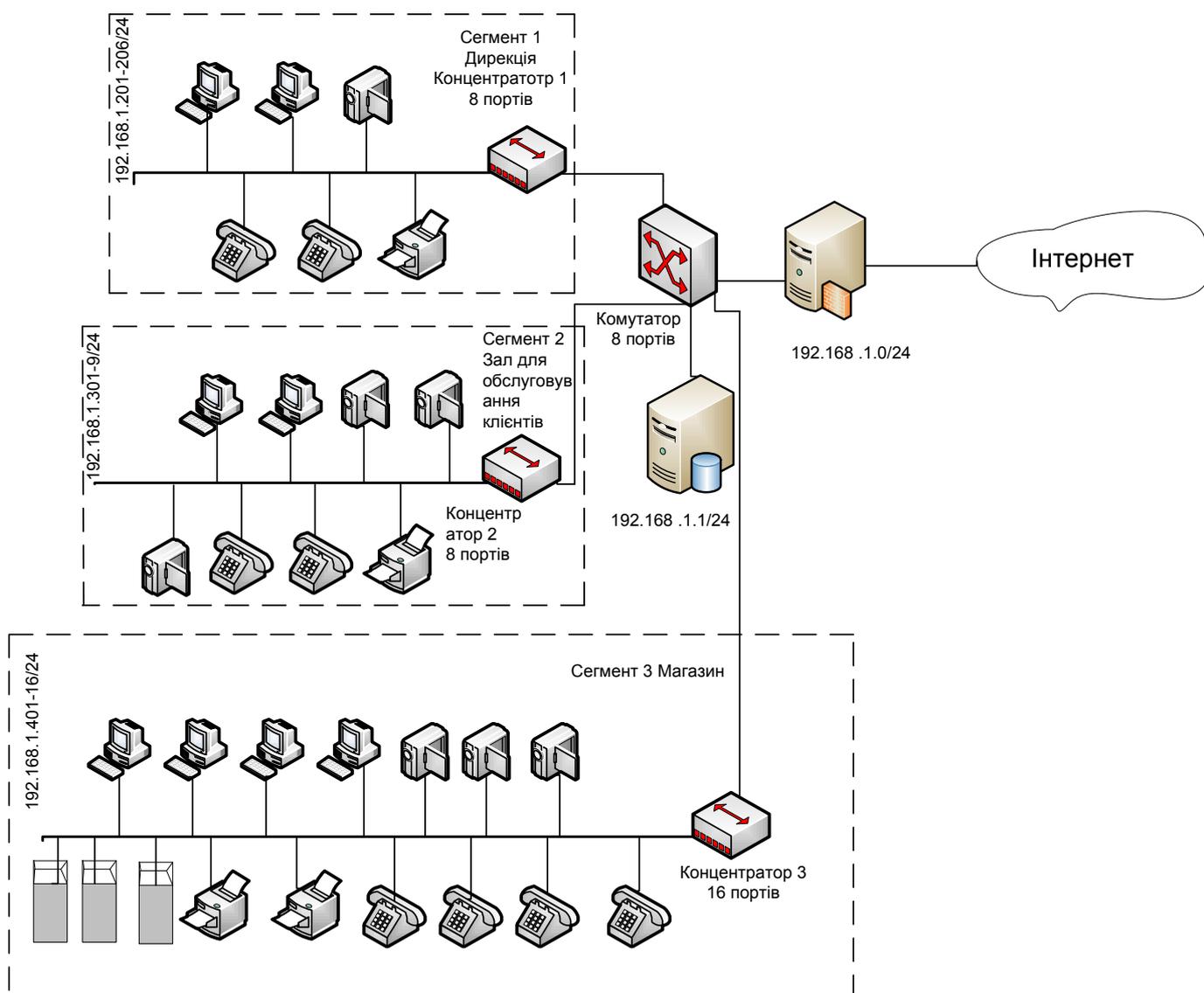


Рисунок 3.1 – Топологічна схема мережі

Умовні позначення на схемі:



Проксі-сервер



Сервер база даних



Комутатор



Концентратор



Персональний комп'ютер



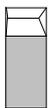
IP-телефон



Відеокамера



Принтер



Термінал самообслуговування

Основне призначення такої схеми:

- наочно показати розташування та з'єднання обладнання;
- відобразити топологію мережі (наприклад, зіркоподібну, деревоподібну, кільцеву);
- допомогти у проектуванні, побудові та обслуговуванні мережі;
- полегшити виявлення несправностей та модернізацію.

На топологічній схемі вказуються:

- мережеві пристрої (позначені умовними символами);
- типи з'єднань (кабельне або бездротове);
- вузли мережі (робочі станції, сервери, принтери тощо);

- інтернет-шлюз або точку стику з глобальною мережею;
- IP-адресацію
- розподіл на сегменти.

У дипломній роботі топологічна схема використовується для візуального подання спроектованої локальної мережі, зокрема, щоб показати, як саме з'єднані пристрої, сегменти, сервери та інші елементи.

Топологічна схема – це важливий інструмент для будь-якого фахівця з мереж, оскільки вона дозволяє швидко зрозуміти логіку побудови мережі та спростити її технічну підтримку.

3.3 Розрахунок кабельної системи

Відстань, яка розділяє кабелі передачі даних та електроживлення (силові та слабкоструміві кабелі з вказанням рівня напруги), та необхідна відстань від джерел високочастотних перешкод та флуоресцентних ламп:

- 12 см від неекраниваних ліній електроживлення 2 кВА (ANSI/ EIA/TIA 569A), або пластикова перегородка повинна розділяти силові і слабкоструміві кабелі при прокладанні в пластикових коробах;
- 30 см від ліній з високовольтними наведеннями і флуоресцентних ламп;
- 90 см від ліній живлення від 5 кВА і вище;
- 100 см від ліній живлення трансформаторів, електродвигунів.

При цьому допускається перетин кабелів «вита пара» і електроживлення під прямим кутом.

На робочому місці встановлюється телекомунікаційна розетка (ТР), що містить 2 порти (найчастіше роз'єми RJ-45 незалежно від призначення роз'єму – як для телефонного зв'язку, так і для передачі даних через ЛОМ). Вертикальний спуск кабелю до комунікаційної розетки виконується у коробі. Комунікаційні розетки на робочих місцях мають бути вбудовані у короб. Кожний роз'єм комунікаційної розетки повинен бути забезпечений патч-кордом для підключення персонального комп'ютера, телефону або іншого термінального телекомунікаційного обладнання.

Комутаційний центр складається з комунікаційних шаф висотою до 42U (юнітів), встановлених у серверному приміщенні. Відстань між передніми вертикальними перфорованими стійками має складати 19" (дюймів). Шафа повинна мати ширину 600 мм та глибину 845 мм.

Система безперебійного живлення повинна забезпечувати безперебійну роботу мережевого, телекомунікаційного та серверного обладнання, що розміщуються в телекомутаційній шафі, протягом 20 хвилин при повному зникненні напруги в мережі електроживлення, а також при виході параметрів напруги та/або частоти в електромережі за допустимі межі.

Розрахунок метражу кабелю виконую, виходячи із розмірів приміщення та кількості кабелів на відповідних ділянках, яка визначається кількістю підключених пристроїв, використовуючи метод підсумовування.

Довжина кабелю від одного елемента активного обладнання до іншого, наприклад від комп'ютера до комутатора, в мережі Ethernet не повинна перевищувати 100 м. Зазвичай стандартами передбачена максимальна довжина самого кабелю 90 м, а 10 м відводиться на сполучні кабелі. На практиці довжина патч-кордів зазвичай становить 1 м і більше. Не має сенсу застосовувати саморобні короткі патч-корди, наприклад, для підключення сервера до патч-панелі, якщо обидва ці елементи розташовані поруч («фірмові» кабелі не можуть бути коротше ~ 60 см). При малій довжині кабелю зростає рівень перешкод, що виникають при відображенні високочастотних сигналів від точки з'єднання кабелю і розетки. Це може призвести до збільшення кількості помилок в лінії.

Розрахунки кабель-каналу проводився по периметру кожної кімнати, потім усе підсумується. Буде потрібно приблизно 190,0 метрів кабель-каналу. Кути будуть братися в процентному співвідношенні – 20% від загальної довжини кабель-каналу.

Усі розетки в комп'ютерній мережі повинні бути пронумеровані. Причому, номер розетки повинен бути зазначений (приклеєний, підписаний) безпосередньо поруч із розеткою. Пропоную наступну нумерацію розеток – 1.1:

- перша цифра – номер кімнати;
- друга цифра – порядковий номер розетки

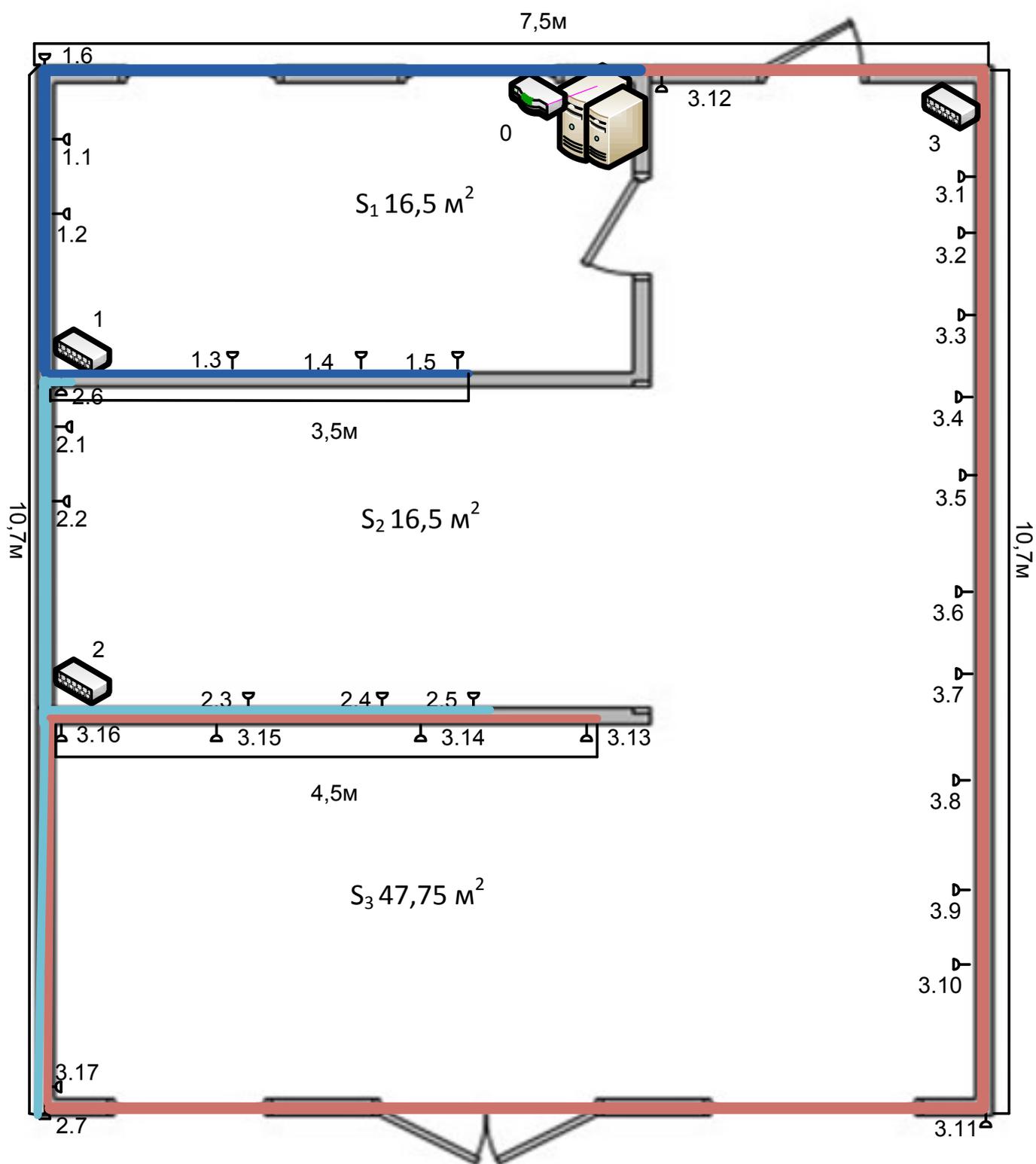


Рисунок 3.2 – План розміщення розеток та їх під'єднання

Таблиця 3.2 – Розрахунок довжини кабелю

Приміщення	Концентратор	№ розетки	Довжина,м
S ₃	3	3.1	1
		3.2	1
		3.3	4
		3.4	5
		3.5	5
		3.6	7
		3.7	7
		3.8	9
		3.9	10
		3.10	10
		3.11	10,7
		3.12	2,5
		3.13	27,3
		3.14	25,7
		3.15	24
		3.16	22,3
S ₂	2	2.1	3,3
		2.2	1
		2.3	1
		2.4	1,5
		2.5	1,5
		2.6	3,3
		3.17	4
		3.7	4,1
S ₁	1	1.1	3,3
		1.2	1
		1.3	1
		1.4	1,5
		1.5	1,5
		1.6	3,3
Всього			207,5
Із запасом, 20%			249

Цей метод полягає в розрахунку довжини кабелю на певні ділянки, які надалі сумуються. До вихідного результату додається технологічний запас до 10% і запас розділки на розетках і кросових панелях. Також варто врахувати запас кабелю на перехід кутів ще 10%. Перевагою цього методу є висока точність. Довжина кабелю обчислюється за формулою.

$$L = 1,2 \times \sum l_i, \quad (3.4)$$

$$L = 1,2 \times 207,5 = 249 \text{ м}$$

Визначаю кількість бухт кабелю. Одна бухта має 305 м, тому:

$$N_b = L/305 \quad (3.5)$$

$$N_b = 249/305 = 1 \text{ шт.}$$

На ділянці від точки 3,17 до 3,11 при визначенні кількості коробів потрібно врахувати, що на різних ділянках прокладається різна кількість кабелів. Відповідно, на різних ділянках буде різна кількість коробів. Обираємо короб 2 на 1, тому також потрібно врахувати це при розрахунку кількості коробів.

$$N_k = l_o \times n_k / (3 \times 2), \quad (3.6)$$

де l_o – довжина відповідної ділянки визначається по схемі

N_k – кількість коробів, шт.

3 – ємність короба, кабелів

2 – довжина 1 короба, м.

Обчислюю ділянку 2,7 до 2 концентратора

$$N_k = 4,1 \times 5 / (3 \times 2) = 3 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 2,5 до 2 концентратора

$$N_k = 3,5 \times 3 / (3 \times 2) = 1,7 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 2,6 до 2 концентратора

$$N_k = 3,3 \times 4 / (3 \times 2) = 2,1 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 1,5 до 1 концентратора

$$N_k = 3,5 \times 3 / (3 \times 2) = 1,7 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 1 концентратора до 0 комутатора

$$N_k = 6,8 \times 4 / (3 \times 2) = 4,5 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 3,12 до 3 концентратора

$$N_k = 2,5 \times 2 / (3 \times 2) = 0,8 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 3,17 до 3,11 ділянки

$$N_k = 7,5 \times 5 / (3 \times 2) = 6,2 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 3,11 до 3,10 ділянки

$$N_k = 0,7 \times 6 / (3 \times 2) = 0,7 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 3,10 до 3,7 ділянки

$$N_k = 3 \times 9 / (3 \times 2) = 4,5 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 3,7 до 3,4 ділянки

$$N_k = 3 \times 12 / (3 \times 2) = 6 \text{ шт.}$$

Обчислюю ділянку 3,4 до 3 концентратора

$$N_k = 4 \times 16 / (3 \times 2) = 8 \text{ шт.}$$

Загальна кількість коробів:

$$N_k = 3 + 1,7 + 2,1 + 1,7 + 4,5 + 0,8 + 6,2 + 0,7 + 4,5 + 6 + 8 = 40 \text{ шт.}$$

Також потрібно врахувати засоби кріплення. Згідно норм треба 1 дюбель на 60 см коробка, відповідно на короб 2 метра потрібно 3 дюбеля, враховувачи цей розрахунок нам потрібно 120 дюбелів.

4 ВИБІР МЕРЕЖЕВОГО ОБЛАДНАННЯ

Спираючись на розроблену топологічну схему локальної мережі та вибір технології 100Base-TX здійснюю вибір необхідного мережевого обладнання.

Мережеві карти забезпечують взаємодію між ПК та іншими елементами мережі, відповідає як за доступ до інформаційного поля локальної комп'ютерної, так і до всесвітньої інтернет-мережі, передаючи дані у вигляді електромагнітних імпульсів по налаштованому каналу мережі. Будь-яка мережева карта складається з роз'єму для мережевого провідника і мікропроцесора, що кодує/декодує мережні пакети, а також допоміжних програмно-апаратних комплексів і служб.

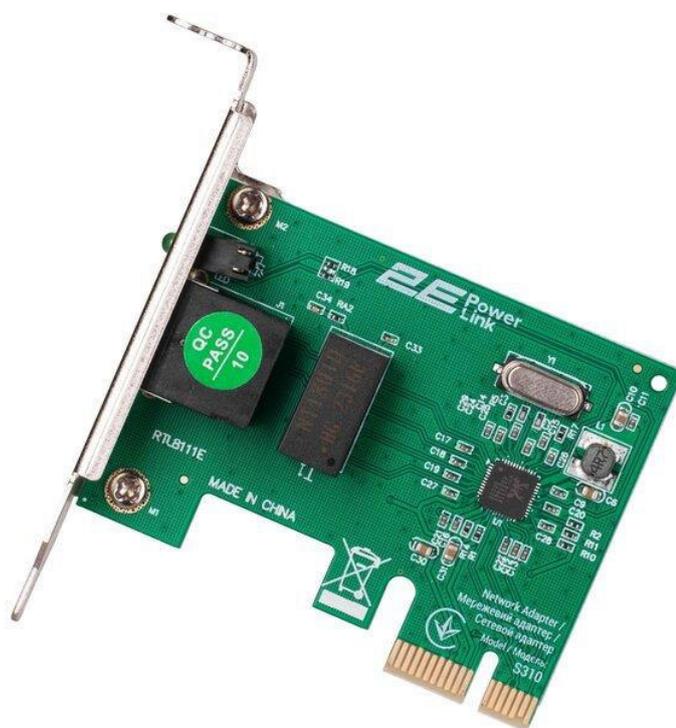


Рисунок 4.1 – Мережева карта LAN 2E Power Link S310 PCI-Express (2E-S310)

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики мережевої карти

Тип	Мережева карта
Вид	Внутрішній
Інтерфейс підключення	PCI-E
Підтримка мережевих стандартів	1000Base-T (1 Гбіт/с), IEEE 802.1p,
Швидкість передачі даних, Mb/s	2 ГБ/с
Кількість роз'ємів RJ-45	1
Країна-виробник	Китай
Габарити в упаковці (ВхШхГ), см	3x12x13

Вибір мережного обладнання, такого як комутатори в організації ЛОМ, залежить від наступних умов:

- необхідна швидкість передачі даних;
- канальна технологія, що використовується в робочих, горизонтальних, вертикальних та базових підсистемах;
- простота і зручність регулювання;
- співвідношення ціни та якості.



Рисунок 4.2 – Концентратор tp-link ls1008g

Некерований комутатор TP-Link — це зручне та доступне рішення для розширення дротової мережі. Він відзначається простотою використання та високою надійністю, не потребує жодних налаштувань, що дозволяє швидко забезпечити підключення великої кількості пристроїв до мережі. Завдяки підтримці технології Auto-MDI/MDIX відпадає необхідність у виборі типу кабелю — пристрій автоматично адаптується до підключення.

Енергоощадні функції, вбудовані в комутатор, дають змогу зменшити споживання електроенергії за рахунок автоматичного визначення статусу з'єднання та довжини кабелю. Це дозволяє оптимізувати енергоспоживання без втрати продуктивності.

Комутатор обладнано 8 гігабітними портами, які забезпечують високу швидкість передавання даних, що особливо важливо при роботі з великими файлами або потоковими сервісами. Порти працюють без блокування, що гарантує стабільну передачу без затримок і втрат трафіку

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики некерованого комутатора

Тип	некерований
Форм-фактор	настільний
Кількість портів	8
Порти	Gigabit Ethernet
Середовище передачі даних	100BASE-TX: неекранована вита пара категорії 5 , 10BASE-T: неекранована вита пара категорій 3, 4, 5 , 100BASE-TX / 1000Base-T: неекранована вита пара категорій 5
Можливість віддаленого управління	некерований
Кількість 1000TX портів	8x10/100/1000TX
Комутаційна здатність	16 Гбіт/с
Швидкість перенаправлення 64-байтних пакетів	11.9 Mpps
Розмір таблиці MAC-адрес	4000 адрес
Буфер пакетів	1.5 Мб
Jumbo-фрейм	16000 байт
Автовизначення MDI/MDIX	так
Відповідність мережевим стандартам	IEEE 802.3x (повнодуплексний зв'язок) , IEEE 802.3 10BASE-T (10 Мбіт/с) , IEEE 802.3u 100BASE-TX (100 Мбіт/с) , IEEE 802.3ab 1000BASE-T (1000 Мбіт/с)
Робоча температура	від 0° до 40° С
Діапазон вологості (робота)	від 10% до 90% без конденсату
Температура зберігання	від -40° до 60° С

Цей некерований комутатор я обираю в тих випадках, коли потрібна велика кількість портів (а їх тут 16) за помірною вартістю.

- Незважаючи на підтримку лише Fast Ethernet (до 100 Мбіт/с), його пропускної здатності цілком достатньо для виконання стандартних офісних завдань, таких як перегляд веб-сторінок чи робота з електронною поштою.
- Пристрій оснащений енергоощадними технологіями та підтримує Auto-MDI/MDIX, що спрощує його підключення та експлуатацію.
- Наявність можливості встановлення в телекомунікаційну стійку робить його зручним варіантом для використання в серверних або технічних приміщеннях.



Рисунок 4.3 – Концентратор TP-Link TL-SF1016DS

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики некерованого комутатора

Тип	некерований
Форм-фактор	настільний/в стійку
Кількість портів	16
Порти	Fast Ethernet
Вимоги PoE	без PoE
Середовище передачі даних	100BASE-TX: неекранована вита пара категорії 5, 10BASE-T: неекранована вита пара категорій 3, 4, 5
Метод передачі	Store-and-Forward (зберігання і передача)
Можливість віддаленого управління	некерований
Комутаційна здатність	3.2 Гбіт/с
Швидкість перенаправлення 64-байтних пакетів	2.38 Mpps
Розмір таблиці MAC-адрес	8000 адрес
Буфер пакетів	2 Мб
Автовизначення MDI/MDIX	так
Відповідність мережевим стандартам	IEEE 802.3az (Energy Efficient Ethernet), IEEE 802.3x (повнодуплексний зв'язок), IEEE 802.3 10BASE-T (10 Мбіт/с), IEEE 802.3u 100BASE-TX (100 Мбіт/с)
Підтримка транспортних протоколів	DDNS, L2TP, LLDP, PPPoE, PPTP, TCP/IP
Сертифікація	CE, FCC
Системні вимоги	Linux, MAC OS, NetWare, UNIX, Vista, Windows 2000, Windows 7, Windows 98SE, Windows NT, Windows XP
Робоча температура	від 0° до 40°С
Діапазон вологості (робота)	від 10% до 95% без конденсату
Температура зберігання	від -40° до 70° С
Живлення	100-240 В
Кількість вентиляторів	без вентилятора
Блок живлення	зовнішній
Споживана потужність (максимальна)	2.23 Вт

Я обираю цей керований комутатор для реалізації більш складних мережевих задач, коли необхідно мати гнучкий контроль над трафіком і мережевими налаштуваннями.

- Він оснащений 8 гігабітними портами, що забезпечують високу швидкість передавання даних і підходять для навантажених сегментів мережі.
- Як керований пристрій, комутатор підтримує налаштування пріоритетів трафіку (802.1p), що дозволяє оптимізувати роботу критичних сервісів, таких як VoIP або потокове відео.
- Підтримка рівня L2 і L2+, зокрема функцій IGMP Snooping, виявлення петель та VLAN, підвищує ефективність, безпеку та стабільність мережі.
- Завдяки енергоефективним технологіям (IEEE 802.3az) і пасивному охолодженню, пристрій працює тихо та економно, що робить його зручним для використання в офісних або навчальних умовах.



Рисунок 4.4 – Комутатор ZyXel GS1200-8

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики керованого комутатора

Тип	керований
Форм-фактор	настільний
Кількість портів	8
Порти	Gigabit Ethernet
Середовище передачі даних	100BASE-TX: неекранована вита пара категорії 5, 10BASE-T: неекранована вита пара категорій 3, 4, 5
Метод передачі	Store-and-Forward(зберігання і передача)
Можливість віддаленого управління	керований
Комутаційна здатність	16 Гбіт/с

Швидкість перенаправлення 64-байтних пакетів	2.38 Mpps
Розмір таблиці MAC-адрес	4000 адрес
Jumbo-фрейм	9000 байт
Автовизначення MDI/MDIX	так
Відповідність мережевим стандартам	IEEE 802.3az (Energy Efficient Ethernet), IEEE 802.3x (повнодуплексний зв'язок), IEEE 802.3 10BASE-T (10 Мбіт/с), IEEE 802.3u 100BASE-TX (100 Мбіт/с)
Підтримка транспортних протоколів	DDNS, L2TP, LLDP, PPPoE, PPTP, TCP/IP
Сертифікація	CE, FCC
QoS (приоритезація даних)	пріоритезація трафіка по порту 802.1p
Функції L2 і L2 +	IGMP Snooping V1/V2/V3, виявлення петель (Loop back detection)
Безпека	контроль Broadcast/Multicast/Unknown-unicast штурмів
Робоча температура	від 0° до 40°С
Діапазон вологості (робота)	від 10% до 95% без конденсату
Температура зберігання	від -40° до 70° С
Живлення	100-240 В
Кількість вентиляторів	без вентилятора
Блок живлення	зовнішній
Споживана потужність (максимальна)	4.37 Вт

Я обираю цей патч-корд, оскільки його довжина 2 метри є оптимальною для зручного підключення пристроїв у межах одного робочого місця або невеликої офісної зони. Така довжина дозволяє уникнути надлишку кабелю, що часто заважає на робочому столі, але водночас забезпечує достатню гнучкість для з'єднання ПК, принтера чи комутатора, розташованого поруч.

Кабель оснащений роз'ємами RJ-45, які є стандартом у більшості мережеских рішень — від комп'ютерів і комутаторів до маршрутизаторів та мережеских принтерів. Це гарантує широку сумісність і легкість у підключенні без додаткових перехідників чи адаптерів.

Основа кабелю становить ССА-провідник (Copper Clad Aluminum) — це алюмінієва жила з мідним покриттям, яка забезпечує гарну електропровідність при зниженій вартості порівняно з повністю мідними аналогами. Такий матеріал дозволяє зберегти баланс між якістю та ціною, не втрачаючи стабільності з'єднання.

Завдяки універсальності та сумісності з різними пристроями — від мережевих накопичувачів до Smart TV — цей патч-корд є зручним і практичним вибором для повсякденного використання в домашніх або офісних мережах.

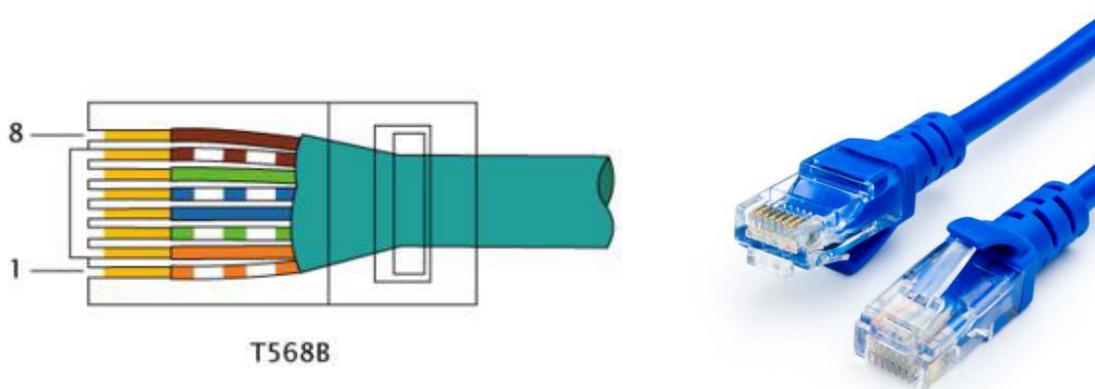


Рисунок 4.5 – Патч-корд Atcom 2м RJ-45 CCA (9161)

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики патч-корда Power Plant Cat5e UTP

Тип	Кабель
Роз'єм підключення	RJ45
Призначення	Синхронізації даних
Матеріал кабелю	Мідь
Довжина кабелю	2 м
Зовнішнє покриття	ПВХ (полівінілхлорид)
Сумісність з пристроями	Маршрутизатор БФП Настільний ПК Ноутбук Принтер ТВ
Колір виробника	Чорний
Бренд	PowerPlant

Найбільший обсяг у прокладанні нових мереж займає поки кабель категорії 5E (клас D). Категорія 5E дозволяє передати по двох парах кабелю «вита пара» інформаційний сигнал на відстань до 100 метрів на швидкості до 100 Мбіт/с з використанням технології Fast Ethernet.

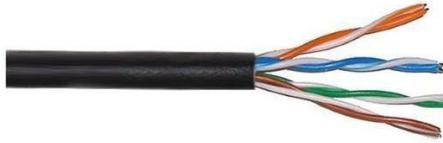


Рисунок 4.6 – Кабель вита пара зовнішній біметал UTP cat5e 4PR CCA PE

Таблиця 4.6 – Технічні характеристики Кабеля вита UTP cat5e

Тип	Кабель вита пара зовнішній біметал UTP cat5e 4PR CCA PE В 305м 4x2x0,50 DCG
Виробник	DCG
Кількість жил	4 пари
Імпеданс	100 ± 15 Ом
Опір провідника щодо постійному струму	245 Ом / км
Швидкість поширення	0,68 × с
Зовнішній номінальний діаметр кабелю	5,3 мм
Провідник	Алюмінієвий дріт з мідним покриттям, діаметр 0,50 мм
Ізоляція провідника	Поліетилен, діаметр провідника в ізоляції 0,9 мм
Температура робоча / прокладання	-30 +60 ° С / -10 +60 ° С
Мінімальний радіус вигину під час монтажу (динамічний) / після монтажу (постійний)	≥ 8 x діаметрів кабелю / ≥ 4 x діаметрів кабелю
Розтягуюче зусилля	≤ 85 Н
Бухта	305 м



Рисунок 4.7 - Розетка ATCOM RJ45 X2 UTP 5E (15254)

З одної сторони є один роз'єм, а з протилежної сторони - два роз'єми RJ45 для підключення в нашому випадку IP телефону та комп'ютера.



Рисунок 4.8 – Короб для кабельного каналу Enext e.trunking.stand.15.10

Далі розглянемо кінцеві пристрої які пропонуються замовнику для підключення цієї мережі.

SIP-телефон

Я обираю цей SIP-телефон завдяки його повній сумісності з існуючою мережею, зокрема наявності двох Ethernet-портів зі швидкістю 100 Мбіт/с. Це дозволяє інтегрувати пристрій у вже налаштовану інфраструктуру без потреби в додатковому обладнанні.

Один порт використовується для підключення до локальної мережі, а другий дозволяє під'єднати ПК, що ідеально відповідає нашій конфігурації з

двопортовими настінними розетками. Така схема економить ресурси та зменшує кількість необхідних кабелів.

Телефон підтримує велику кількість голосових кодеків, зокрема G.711, G.729A/B, G.722, що забезпечує високу якість звуку та сумісність з більшістю VoIP-платформ, включаючи корпоративні АТС і хмарні рішення.

Крім того, пристрій оснащений сучасними засобами безпеки, такими як SRTP (зашифровані голосові потоки) та TLS (шифрування сигналізації), що гарантує захист розмов від несанкціонованого прослуховування чи перехоплення. Це робить його надійним вибором для офісного використання в умовах підвищених вимог до конфіденційності зв'язку.



Рисунок 4.9 - IP телефон Grandstream GPR2601

Таблиця 4.7 – Технічні характеристики IP-телефона

Підтримка PoE	Ні
Порти	100 Мбіт/с
Тип обладнання	Стационарний телефон
Кількість SIP ліній	2
Інтерфейси	RJ-45, 100Mbit Ethernet, RJ-9
Мережеві інтерфейси	Два комутовані 10/100 Mbps Ethernet порти з автовизначенням
Клавіші	4 XML програмовані контекстно залежні екранні кнопки, 5 кнопок (навігація, меню). 8 спеціальних функціональних клавіш для:
Голосові кодеки	Підтримка G.729A/B, G.711μ/a-law, G.726, G.722(wide-band), G.723,iLBC, OPUS, всередині та позасмуговий DTMF(in audio, RFC2833, SIP INFO), VAD, AEC, CNG,

	PLC, AGC
Функції телефонії	Гучний зв'язок, Конференц-зв'язок, Телефонна книга, Історія дзвінків, Утримання виклику, Очікування виклику, Перенаправлення виклику, Автодозвон, Автоматична відповідь, Hot Desking, Підтримка кількох мов, Підключення гарнітури, Музика під час утримання
Додаткові функції	Переклад, 5-стороння конференція, парковка виклику, перехоплення виклику, телефонна книга (XML, LDAP, до 2000 записів), журнал викликів (до 800 записів), автонабір при знятті трубки, click-to-dial, гнучкий номерний план, персоналізовані рингтони та музика на утриманні, резервний сервер та відмовостійкість
Безпека	Пароль користувача та адміністративного рівня, автентифікація на базі MD5 та MD5-sess, файл конфігурації з 256-бітним AES шифруванням, SRTP*, TLS, 802.1x керування доступом до середовища, безпечне завантаження
Параметри навколишнього середовища	Робота: від 0 ° C до 40 ° C Зберігання: від -10 ° C до 60 ° C Вологість: від 10% до 90% без конденсату
Джерело живлення	Універсальне джерело живлення Вхід 100-240В, 50-60Гц Вихід +5В, 600мА

Принтер

Цей багатофункціональний пристрій є раціональним вибором для оптимізації офісного простору та скорочення витрат.

Він поєднує в собі принтер, сканер і копій, що дозволяє замінити кілька окремих пристроїв одним компактним рішенням, зекономивши як фізичне місце, так і кошти на обслуговування.

Завдяки лазерній технології друку, пристрій забезпечує швидкий (до 18 сторінок на хвилину) і стабільно якісний чорно-білий друк, що ідеально підходить для щоденних офісних завдань.

Роздільна здатність 1200×600 dpi дає змогу отримувати чіткі тексти та графічні елементи, що важливо для ділової документації та навчальних матеріалів.

Пристрій розрахований на місячне навантаження до 8000 сторінок, що відповідає потребам офісу середнього розміру.

Наявність мережевого інтерфейсу дозволяє легко інтегрувати його в локальну мережу та забезпечити спільний доступ для кількох користувачів, що значно підвищує ефективність роботи колективу.



Рисунок 4.10 - Принтер Canon i-SENSYS MF3010

Canon MF3010 – пристрій, який один може замінити принтер, сканер і ксерокс на робочому місці.

Таблиця 4.8 – Технічні характеристики принтера

Формат паперу	A4
Роздільна здатність друку, dpi	1200x600
Швидкість чорно-білого друку	стор./хв: 18
Вихід першої чорно-білої сторінки, сек	7,8
Максимальний обсяг друку, стор./міс	8000
Щільності паперу, г/м ²	60-163
Конфігурація картриджів	чорний тонер
Кількість картриджів	1
Чорний картридж	Canon 725
Ресурс чорного картриджа, стор	700
Тип сканера	планшетний

IP-камера

Я обираю цю IP-камеру завдяки її зручному підключенню до локальної мережі через Ethernet-порт RJ45, що дозволяє легко інтегрувати її в існуючу інфраструктуру без додаткового обладнання.

Камера має роздільну здатність 1,3 мегапікселя (1280×1024), що забезпечує достатню чіткість зображення для контролю офісних приміщень або входів.

Вбудований мікрофон дає можливість записувати звук, що розширює функціональність пристрою та підвищує рівень безпеки.

Завдяки наявності інфрачервоного підсвічування з дальністю до 15 метрів, камера здатна працювати в умовах повної темряви, забезпечуючи цілодобове відеоспостереження без втрати якості.

Ця IP-камера є надійним та функціональним рішенням для офісу, де важливо забезпечити постійний моніторинг подій у будь-який час доби.



Рисунок 4.11 – Камера відеоспостереження Camera 349 IP 1.3 mp

Таблиця 4.9 – Технічні характеристики камери відеоспостереження

Вид	IP-камера
Тип	Внутрішня
Матриця	CMOS 1/3
Роздільна здатність	1,3 МП (1280x1024)
Об'єктив	3,6 мм з кутом огляду більше 65 градусів, ручне повертання на 360 градусів
Мікрофон	Присутній
Підключення	Інтернет, LAN (Ethernet RJ45)
Збільшення	Відсутнє
Діапазон робочих температур	+5°C - +50°C
Робоча вологість	Не більше 85%
Матеріал корпусу	Пластик
Особливості	ІЧ-підсвічування на 15 м, можливість керування камерою через інтернет
Країна-виробник	Китай

Термінали самообслуговування є зручним рішенням для надання різноманітних послуг в публічних місцях, таких як офіси мобільних операторів. Вони дозволяють клієнтам самостійно виконувати певні операції без необхідності очікувати на обслуговування працівника.

- Поповнення мобільного рахунку.
- Придбання стартових пакетів або SIM-карт.
- Перегляду та оплати рахунків за послуги зв'язку.
- Підписання або зміни тарифних планів.
- Замовлення додаткових послуг (роумінг, міжнародні дзвінки тощо).
- Отримання інформації про тарифи, акції та послуги.



Рисунок 4.12 – Термінал самообслуговування

Таблиця 4.10 – Технічні характеристики терміналу самообслуговування

Екран	15-22 дюймів, сенсорний, високої роздільної здатності
Процесор	Dual-core або Quad-core, 1.5 ГГц
Оперативна пам'ять	4 ГБ DDR3
Накопичувач	500 ГБ SSD
Операційна система	Windows 10
Підключення	Ethernet, WiFi, 3G/4G
Периферія	Картридер, принтер квитанцій, сканер QR-кодів
Живлення	220В або PoE (Power over Ethernet)

5 ВИБІР АПАРАТНОГО І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1 Вибір програмного забезпечення

Визначимось з програмним забезпеченням, потрібним працівникам на їх робочих місцях, тобто персональних комп'ютерах.

Для повної працездатності працівників відділу “Lifecell” я визначився з забезпеченням працівників таким програмним забезпеченням

Для робочих місць: ОС, Браузер, Антивірус, Офіс

Обираю ОС: Windows 10

Системні вимоги:

- Процесор з частотою від 1 ГГц або SoC;
- Оперативна пам'ять від 1 ГБ для 32-бітної версії або 2 ГБ для 64-бітної;
- Вільний простір на диску (SSD або HDD) від 16 ГБ для 32-бітної версії або 32 ГБ для 64-бітної;

Обираю браузер: Opera

Системні вимоги:

- ОС Windows 7 або пізніша версія ОС Windows 10
- Оперативна пам'ять 2 гб
- Вінчестер 400 мб
- Процесор на базі ARM64, 1 ГГц або більше

Обираю антивірус: ESET Nod32.

Системні вимоги:

- Процесор на базі ARM64 ,1 ГГц або більше
- Необхідне вільне місце для встановлення:320 МБ
- Оперативна пам'ять – 128 Мбайт.

Обираю: Microsoft Office 365

Системні вимоги:

- Комп'ютер і процесор 1,6 ГГц
- Жорсткий диск 4 ГБ вільного місця на диску
- Оперативна пам'ять – 2 Гбайт.

Також потрібно визначити із мінімальними системними вимогами до серверів.

Для серверів: ОС, Антивірус, СУБД ,FTP-server, Proxi-server, IP-PBX, файэрвол (брандмауер).

Обираю оперативну систему: Windows server OS.

Системні вимоги:

- Процесор з тактовою частотою 1,4 ГГц
- ОЗУ 512
- Жорсткий диск 32 ГБ вільного місця на диску

Обираю антивірус: ESET Nod32.

Системні вимоги:

- Процесор на базі ARM64 ,1 ГГц або більше
- Необхідне вільне місце для встановлення:320 МБ
- Оперативка 128 Мбайт

Обираю систему управління базами даних (СУБД): My SQL.

Системні вимоги:

– Жорсткий диск Для SQL Server потрібно як мінімум 6 ГБ вільного місця на диску.

– Мінімум: процесор x64 з тактовою частотою 1,4 ГГц.Рекомендується: 2,0 ГГц і вище.

– Для забезпечення оптимальної продуктивності потрібно не менше 4 ГБ з подальшим збільшенням у міру зростання розміру бази даних.

Для організації доступу до інтернету обираю ПЗ: Проху IP-v4 від сервісу.

Системні вимоги:

- Процесор з тактовою частотою 1,4 ГГц
- ОЗУ 512
- Жорсткий диск 1 ГБ вільного місця на диску

Для організації внутрішнього телефонного зв'язку відділення обираю IP-телефонія від сервісу: 3CX Phone System.

Системні вимоги:

- Процесор з тактовою частотою 1,4 ГГц
- ОЗУ 1 Гбайт

- Жорсткий диск 2 ГБ вільного місця на диску

Для захисту локальної мереж від несанкціонованого ззовні обираю брандмауер від сервісу: ESET Server Security

- Процесор на базі ARM64 ,1 ГГц або більше
- Необхідне вільне місце для встановлення:320 МБ
- Оперативка 128Мбайт

5.2 Вибір апаратного забезпечення

Потрібний обсяг оперативної пам'яті (RAM) можна розрахувати як суму мінімальних або рекомендованих значень, тому що програмне забезпечення може використовуватись усе одночасно. Так як є тенденція завантаження умовно незадіяної RAM (наприклад, через підкачку або оновлення), визначений результат рекомендується збільшити 15 – 20 %.

$$RAM=1,2 \times \sum RAM_i \text{ Гбайт}, \quad (5.1)$$

де RAM_i – мінімальні або рекомендовані визначені значення обсягу оперативної пам'яті для додатків.

Для робочих міс персональних комп'ютерів:

$$RAM(pм)=1,2 \times (1+2+0,128+2)=4,128 \text{ Гбайт}$$

Для сервера, в якого основною роботою передбачається сервер баз даних (СУБД) та файловий сервер (FTP) потрібно здійснювати виходчи з кількості запланованих користувачів. Для кількості персональних комп'ютерів менше ста підійде будь-який сервер офісного рівня. Тоді розраховане значення RAM рекомендується збільшиться на 3 – 4 ГБ.

Для сервера А (ОС, Антивірус, СУБД):

$$RAM(a)=1,2 \times (0,512+4+0,128)=4,640 \text{ Гбайт}$$

При розрахунку для сервера, який буде виконувати відносно нескладні мережеві завдання, такі як сервер доступу до інтернет, автоматичний роподіл IP-

адрес користувачів, сервер VPN віртуальної приватної мережі, і т. п. – отримані результати можна суттєво не корегувати, збільшивши RAM на 1 ГБ.

Для сервера В (ОС, Антивірус, Proxi-server, IP-PBX, файєрвол):

$$\text{RAM}(b)=1,2\times(0,512+0,128+0,512+1+0,128)=2,128 \text{ Гбайт}$$

Для розрахунку тактової частоти (f_t) або кількості процесорів необхідно орієнтуватись на мінімальну вимогу найбільш вибагливого до цього додатку. У ситуації, коли таких додатків буде декілька, рекомендується запланувати ситуації можливої конкуренції за ресурси процесорів і додати запас в межах (1,1 – 2,0).

$$f_{ti} = 1,55 \times \max \{ f_{ti} \} \text{ ГГц}, \quad (5.2)$$

де f_{ti} – мінімальні тактові частоти для різних додатків.

Для персональних комп'ютерів:

$$f_{t \text{ рм}} = 1,55 \times \max \{ 1 \mid 1 \mid 1,6 \mid 1,1 \mid 1 \} = 1,55 \times 1,6 = 2,5 \text{ ГГц}$$

Для сервера А:

$$f_{t \text{ а}} = 1,55 \times \max \{ 1 \mid 0,8 \mid 0,8 \} = 1,55 \text{ ГГц}$$

Для сервера В:

$$f_{t \text{ в}} = 1,55 \times \max \{ 1 \mid 2 \mid 1 \mid 2 \} = 3,1 \text{ ГГц}$$

При розрахунку мінімально необхідного обсягу жорсткого диска (HDD) слід врахувати сумарний обсяг пам'яті, який займає операційна система (HDDo) та встановлюване програмне забезпечення (HDDп), а також додатковий простір для зберігання даних.

До даних відносяться як користувацькі айли користувачів, з якими безпосередньо працює персонал (документи, зображення, відео тощо), так і програмні компоненти (плагіни, модулі, бібліотеки), що використовуються додатками під час роботи. Для програмних даних резервується 20–60% від суми простору, який займають ОС і програми:

$$HDD_d = (20\% \sim 60\%) \times \Sigma HDD_{po}$$

Обсяг пам'яті для даних користувачів (HDD_k) визначається відповідно до характеру робочих файлів.

Для офісної документації орієнтовно потрібно 50–100 ГБ.

Для мультимедійного контенту (з урахуванням резерву) — 100–200 ГБ, залежно від потреб і побажань користувачів (наприклад, керівного складу чи відділів з інтенсивною роботою з медіа).

Таким чином, орієнтовний обсяг жорсткого диска визначається як сума: $HDD = HDD_o + HDD_p + HDD_d + HDD_k$, де всі складові підбираються з урахуванням поточних і потенційних потреб користувачів.

$$HDD = 1,4 \times (\Sigma HDD_{pi} + HDD_o) + HDD_k \text{ Гбайт}, \quad (5.3)$$

де 1,4 – коефіцієнт врахування потрібного дискового простору для даних програм, становить 40%;

HDD_p – мінімальний простір диску для обраних додатків;

HDD_o – мінімальний простір диску для операційної системи;

HDD_k – простір диску для даних користувачів, згідно рекомендацій $HDD_k = 100$ Гбайт.

Для персональних комп'ютерів:

$$HDD = 1,4 \times (2 + 3 + 0,350 + 0,048 + 20) + 100 = 136 \text{ Гбайт}$$

Для сервера А закладаю по 500 Гбайт для даних користувачів для кожного сервісу (FTP, резервування, відеоспостереження):

$$HDD = 1,4 \times (0,015 + 6 + 20) + 500 + 500 + 500 = 1537 \text{ Гбайт}$$

Для сервера В закладаю 250 Гбайт для даних користувачів:

$$HDD = 1,4 \times (0,5 + 6 + 1 + 0,4 + 10) + 250 = 275 \text{ Гбайт}$$

Персональний комп'ютер та сервер

Я вибираю цей комплект, оскільки він оптимально збалансований для офісних потреб.

Основні системні характеристики ПК:

- Процесор Intel Core i5-10400F (6 ядер, 12 потоків) забезпечує високу продуктивність для багатозадачності.
- 16 ГБ оперативної пам'яті DDR4 дозволяє комфортно працювати з великими документами та численними вкладками браузера.
- SSD на 1,5 ТБ прискорює завантаження системи та програм, підвищуючи загальну швидкість роботи.
- Відеокарта GeForce GT 710, хоч і базова, але достатня для офісних задач і перегляду відео.
- Материнська плата ASUS з гігабітним LAN-портом ідеально підходить для нашої мережі на базі UTP cat5e.
- 23.8" IPS-монітор з роздільною здатністю Full HD забезпечує комфортний перегляд і точну передачу кольорів.



Рисунок. 5.1 – Комплект ARTLINE Business B29+B24F75plus-IPS

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики ARTLINE Business 29+B24F75plus-IPS

Країна виробник	Україна
Сімейство процесорів	Intel Core i5
Модель процесора	Intel Core i5-10400F (2.9 - 4.3 ГГц)
Кількість ядер	6 ядер
Кількість потоків	12 потоків

Охолодження	
Тип охолодження	Повітряне
Модель охолодження	BOX
Оперативна пам'ять	
Тип пам'яті	DDR4
Об'єм ОЗП	16 ГБ
Тактова частота	2666 МГц
Кількість слотів ОЗП	1 шт.
Відеокарта	
Клас	Офісний
Модель відеокарти	GeForce GT 710
Кількість відеокарт	1 шт.
Тип відеокарти	Дискретна
Виробник GPU	NVIDIA
Тип пам'яті	GDDR3
Об'єм пам'яті відеокарти	2 ГБ
Розрядність шини пам'яті	64 bit
Накопичувачі	
Тип накопичувачів	SSD
Ємність SSD	1,5 ГБ
Материнська плата	
Модель	ASUS PRIME H410M-R
Форм-фактор	Micro-ATX
Чіпсет	Intel H410
Блок живлення	
Потужність	400 Вт
Порти, роз'єми, бездротові технології	
Роз'єми на задній панелі	Материнська плата
1 x PS/2 keyboard (purple), 1 x PS/2 mouse (green), 1 x D-Sub, 1 x HDMI, 1 x LAN (RJ45) port(s), 2 x USB 3.2 Gen 1 Type-A, 2 x USB 2.0, 3 x Audio jack(s)	
Відеокарта	
1 x DVI-D, 1 x D-Sub, 1 x HDMI	
Корпус:	
2 x USB 3.0, 2 x Audio	
Монітор	
Габарити Комп'ютер	540.6 x 416 x 195 мм
Монітор	350 x 170 x 345 мм
Додатково Монітор	23.8" Full HD 1920x1080
Тип матриці	IPS

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Кошторис організації локальної комп'ютерної мережі може складатись з метою оцінки вартості проекту, розрахунку суми коштів, потрібних для реальної реалізації проекту мережі, визначення бюджету та запобіганню перевищенню запланованих витрат.

Важливим моментом є планування ресурсів, визначення необхідних матеріалів, обладнання та програмного забезпечення, планування закупівель та постачання.

Також кошторис допомагає у контролі за витратами, порівнянні фактичних витрат з запланованими, запобіганню перевищенню бюджету та коригування витрат у разі відхилень.

Кошторис є ключовим інструментом для успішного планування, реалізації та контролю проекту з впровадження локальної комп'ютерної мережі.

Складаю кошторис мережевого обладнання, користуючись сучасними цінами на популярних інтернет площадках.

Таблиця 6.1 – Кошторис мережевого обладнання

№ з/п	Назва пристрою	Ціна, грн.	Кількість, шт.	Сума, грн.
1	Мережева карта LAN 2E Power Link S310 PCI-Express (2E-S310)	360	1	360
2	Концентратор TP-LINK LS1008G	899	2	1998
3	Концентратор TP-Link TL-SF1016DS	1799	1	1799
4	Комутатор ZyXel GS1200-8	1579	1	1579
5	Патч-корд GEPLINK 2M RJ-45 CAT.5E	30	32	960
6	Гніздо поверхневого монтажу Kingda 1xRJ45 CAT 5e UTP Біле	75	32	2400
7	Кабель ОК-Net UTP cat. 5e	1899	1	1899
8	Короб кабельный Expert 10x15 мм 2 м	34	40	1360
9	Засоби кріплення	2	120	240
Разом				12595

Визначаю вартість кінцевих пристроїв замовника.

Таблиця 6.2 – Кошторис кінцевого обладнання

№ з/п	Назва пристрою	Ціна, грн.	Кількість, шт.	Сума, грн.
1	Персональний комп'ютер ARTLINE	18648	10	186480

	Business B29			
2	IP-телефон Grandstream GXP1610	1976	8	15808
3	Багатофункціональний принтер HP DeskJet 2720e AiO	3999	4	15996
4	Мережева камера відеоспостереження CF32-23H-19HS200	1470	7	10290
5	Платіжний термінал самообслуговування Modern expo Product ID	32000	3	96000
Разом				324574

Вартість робіт по впровадженню локальної комп'ютерної мережі визначається для точного планування бюджету, оптимізації ресурсів, контролю витрат, забезпечення економічної доцільності проекту, отримання фінансування та підтримки прозорості і ефективності всіх етапів реалізації проекту, що в свою чергу сприяє успішному виконанню завдань в рамках встановлених термінів і бюджету.

Визначаю кошторис робіт по впровадженню локальної комп'ютерної мережі.

Таблиця 6.3 – Кошторис виконання робіт

Найменування послуги	Ціна, грн.	Кількість, шт.	Сума, грн.
Монтаж коробка пластикового	15	40	600
Пробивання стін з легких матеріалів за допомогою бура до 500 мм. (гіпс, газобетон)	100	5	500
Монтаж розетки RJ-45	50	32	1600
Налаштування периферійного пристрою	150	30	4500
Налаштування керованого комутатору TP-LINK, (Базове налаштування)	150	1	150
Разом			7350

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Охорона праці включає в себе такі аспекти:

1. Виявлення та оцінка ризиків: Працедавець повинен ідентифікувати потенційні небезпеки, пов'язані з робочими процесами, матеріалами, обладнанням і умовами праці. Це включає в себе аналіз ризиків та визначення заходів для їх усунення або зменшення.

2. Профілактика нещасних випадків: Важлива частина охорони праці - це запобігання травмам та нещасним випадкам на робочому місці. Це може включати навчання працівників безпечним методам роботи, правильне використання засобів індивідуального захисту, а також регулярну перевірку та обслуговування обладнання.

3. Здоров'я працівників: Охорона праці також охоплює заходи для збереження фізичного і психічного здоров'я працівників. Це включає проведення медичних оглядів, контроль за впливом шкідливих речовин на організм працівників, організацію здорового харчування та регулярну фізичну активність.

4. Пожежна безпека: Заходи щодо пожежної безпеки також є невід'ємною частиною охорони праці. Це включає встановлення пожежних систем, встановлення пожежних систем, планування евакуації, навчання працівників правилам пожежної безпеки, регулярну перевірку пожежного обладнання та проведення пожежних тренувань. Мета полягає в запобіганні пожежам та мінімізації ризику втрат життя і матеріальних цінностей.

5. Застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): Охорона праці передбачає постачання працівникам необхідних ЗІЗ, таких як захисні шоломи, окуляри, вушні затички, респіратори тощо, для зменшення ризику впливу шкідливих факторів на здоров'я.

Важливо зауважити, що охорона праці - це процес, який постійно розвивається і вдосконалюється. Працедавці та працівники мають активно співпрацювати, щоб забезпечити безпечне та здорове робоче середовище для всіх.

Попередження порушень правил охорони праці

Попередження порушень правил охорони праці можна поділити на організаційні та технічні заходи.

Організаційні заходи – якісне проведення інструктажу та навчання робітників, залучення їх до роботи за спеціальністю, здійснення постійного керівництва та нагляду за роботою; організація раціонального режиму праці і відпочинку; забезпечення робітників спецодягом, спецвзуттям, особистими засобами захисту; виконання правил експлуатації обладнання.

Технічні заходи – раціональне архітектурно-планувальне рішення при проектуванні і будівництві виробничих будівель згідно санітарних, будівельних і протипожежних норм і правил; створення безпечного технологічного і допоміжного обладнання; правильний вибір і компонування обладнання у виробничих приміщеннях відповідно до норм і правил безпеки та виробничої санітарії; проведення комплексної механізації і автоматизації виробничих процесів, створення надійних технічних засобів запобігання аваріям, вибухам і пожежам на виробництві; розробка нових технологій, що виключають утворення шкідливих і небезпечних факторів та інше.

Важливим у забезпеченні безпечної праці і запобіганні травматизму на виробництві є фактори особистого характеру – знання керівником робіт особистості кожного працівника, його психіки і особливостей характеру, медичних показників і їх відповідності параметрам роботи, ставлення до праці, дисциплінованості, задоволеності працею, засвоєння навичок безпечних методів роботи, знання норм і правил з охорони праці і пожежної безпеки, його ставлення до інших робітників і всього колективу.

Види інструктажів

Одним із обов'язків роботодавця є забезпечення проведення інструктажів з охорони праці на підприємстві (далі — інструктажі).

Згідно Закону України «Про охорону праці» працівники під час прийняття на роботу та протягом роботи мають проходити інструктаж з питань охорони праці. Тих, хто не пройшов інструктаж, не допускають до роботи.

Працівники під час прийняття на роботу та періодично повинні проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Порядок проведення інструктажів з питань охорони праці на підприємстві визначає глава 6 Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 р. № 15 (далі — Типове положення).

Інструктажі залежно від характеру та часу проведення поділяються на види:

- вступний;
- первинний;
- повторний;
- позаплановий;
- цільовий.

Проводиться:

- з усіма працівниками, які приймаються на постійну або тимчасову роботу, незалежно від їх освіти, стажу роботи та посади;
- з працівниками інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;
- з учнями та студентами, які прибули на підприємство для проходження трудового або професійного навчання;
- з екскурсантами у разі екскурсії на підприємство.

Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці або іншим фахівцем відповідно до наказу (розпорядження) по підприємству, який в установленому Типовим положенням порядку пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Вступний інструктаж проводиться в кабінеті охорони праці або в приміщенні, що спеціально для цього обладнано, з використанням сучасних технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Програма та тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці (додаток 5 Типового положення), який зберігається службою охорони праці або працівником, що відповідає за проведення вступного інструктажу, а також у наказі про прийняття працівника на роботу.

Первинний інструктаж

Проводиться до початку роботи безпосередньо на робочому місці з працівником:

- новоприйнятим (постійно чи тимчасово) на підприємство або до фізичної особи, яка використовує найману працю;
- який переводиться з одного структурного підрозділу підприємства до іншого;
- який виконуватиме нову для нього роботу;
- відрядженим працівником іншого підприємства, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на підприємстві.
- Первинний інструктаж проводиться з учнями, курсантами, слухачами та студентами навчальних закладів:
- до початку трудового або професійного навчання;
- перед виконанням кожного навчального завдання, пов'язаного з використанням різних механізмів, інструментів, матеріалів тощо.

Первинний інструктаж на робочому місці проводиться індивідуально або з групою осіб одного фаху за діючими на підприємстві інструкціями з охорони праці відповідно до виконуваних робіт.

Повторний інструктаж

Проводиться на робочому місці індивідуально з окремим працівником або групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу.

Повторний інструктаж проводиться в терміни, визначені нормативно-правовими актами з охорони праці, які діють у галузі, або роботодавцем (фізичною особою, яка використовує найману працю) з урахуванням конкретних умов праці, але не рідше:

- на роботах з підвищеною небезпекою — 1 раз на 3 місяці;
- для решти робіт — 1 раз на 6 місяців.

Позаплановий інструктаж

Проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативно-правових актів з охорони праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу, або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на стан охорони праці;
- при порушеннях працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призвели до травм, аварій, пожеж тощо;
- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж на 30 календарних днів — для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт — понад 60 днів.

Позаплановий інструктаж з учнями, студентами, курсантами, слухачами проводиться під час проведення трудового і професійного навчання при порушеннях ними вимог нормативно — правових актів з охорони праці. Позаплановий інструктаж може проводитись індивідуально з окремим працівником або з групою працівників одного фаху. Обсяг і зміст позапланового інструктажу визначаються в кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили потребу його проведення.

Цільовий інструктаж

Проводиться з працівниками:

- при ліквідації аварії або стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск, наказ або розпорядження.

Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників. Обсяг і зміст цільового інструктажу визначаються залежно від виду робіт, що виконуватимуться.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт (начальник структурного підрозділу, майстер) або фізична особа, яка використовує найману працю.

Ці інструктажі завершуються перевіркою знань у вигляді усного опитування або за допомогою технічних засобів, а також перевіркою набутих навичок безпечних методів праці, особою, яка проводила інструктаж.

При незадовільних результатах перевірки знань, умінь і навичок щодо безпечного виконання робіт після первинного, повторного чи позапланового інструктажів протягом 10 днів додатково проводяться інструктаж і повторна перевірка знань.

Про проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів та їх допуск до роботи, особа, яка проводила інструктаж, уносить запис до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці. Сторінки журналу реєстрації інструктажів повинні бути пронумеровані, прошнуровані і скріплені печаткою.

У разі виконання робіт, що потребують оформлення наряду-допуску, цільовий інструктаж реєструється в цьому наряді-допуску, а в журналі реєстрації інструктажів не обов'язково.

Загальні принципи безпеки щодо монтажу мережевих кабелів в приміщенні включають в себе дотримання електробезпеки, запобігання пошкодженню кабелів та забезпечення відповідності нормам та правилам. Ось декілька важливих порад щодо безпеки під час монтажу мережевих кабелів:

1. Відключення живлення: Перед початком роботи завжди переконайтеся, що всі електричні лінії, які знаходяться в районі монтажу, відключені. Це допоможе уникнути ураження електричним струмом.

2. Безпека при роботі з електричними інструментами: Використовуйте ізольовані інструменти та аксесуари, коли працюєте з електричними кабелями. Це допоможе запобігти ураженню електричним струмом.

3. Запобігання пошкодженням кабелів: При монтажі кабелів уникайте їх надмірного натягу та дотримуйтеся рекомендацій виробника щодо радіусу згину. Забезпечте належне закріплення кабелів, щоб уникнути їх випадкового пошкодження.

4. Використання правильних матеріалів: Завжди використовуйте адекватні матеріали для монтажу кабелів, такі як кабельні траси, гвинти, скоби тощо. Неправильне використання некомпліантних матеріалів може призвести до виробничих недоліків або вплинути на якість сигналу.

5. Захист від пожежі: Переконайтеся, що кабелі правильно прокладені та забезпечені відповідними засобами пожежогасіння, такими як пожежні прокладки, щоб запобігти поширенню вогню у разі пожежі. Крім того, слід дотримуватись вимог щодо розміщення кабелів відповідно до пожежної безпеки, зокрема використання вогнестійких кабельних трас і герметизацію отворів, через які прокладаються кабелі, для запобігання поширенню пожежі.

6. Заземлення: Правильне заземлення мережевих кабелів є важливим аспектом електробезпеки. Впевніться, що кабелі правильно заземлені, щоб уникнути електростатичного розряду та перешкодити виникненню потенційних проблем з електричною безпекою.

7. Документація та маркування: Завжди ведіть детальну документацію про монтаж мережевих кабелів, включаючи схеми підключення, розташування кабелів та інші важливі деталі. Також важливо правильно маркувати кабелі для легкої ідентифікації та уникнення плутанини.

Завжди переконуйтеся, що монтаж мережевих кабелів відповідає національним та місцевим нормам, вимогам та правилам безпеки. Будьте ознайомлені з відповідними стандартами та рекомендаціями, щоб забезпечити належну безпеку та функціональність мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Чайківський І. Б., Бліндер О. В. Методичний посібник по курсовому проектуванню з дисципліни “Програмно-апаратні засоби локальних комп’ютерних мереж” на тему “Проектування локальної комп’ютерної мережі”. – Львів, ВСП «Фаховий коледж інформаційних технологій» НУ «Львівська політехніка», 2022. – 32 с.
- 2 Добрянський В. М. Технології локальних комп’ютерних мереж на розподіленому середовищі: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 120 с.
<https://classroom.google.com/w/NjI0MzI0MDM3NDM1/t/all>
- 3 Сіденко Б. А. Холявкіна Т. В. Стаття «Мережеві технології для промислового комплексу». – Національний авіаційний університет. «Проблеми інформатизації та управління» №1(53) 2016 р.
<https://core.ac.uk/download/pdf/325942796.pdf>
- 4 Журавська І. М. Проектування та монтаж локальних комп’ютерних мереж : [навчальний посібник] / І. М. Журавська. – Миколаїв : Видавництво ЧДУ ім. Петра Могили, 2016. – 396 с.
- 5 Задерейко О. В. Комп’ютерні мережі: навчально-методичний посібник [Електронне видання] / Задерейко О. В., Багнюк Н. В., Толокнов А. А.. – Одеса : Фенікс, 2023. – 210 с.
<http://hdl.handle.net/11300/25951>
- 6 Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. С 50 Проектування комп’ютерних систем та мереж : навч. посіб. — Кропивницький: Видавець Лисенко В. Ф., 2019. — 26 с.
- 7 Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування та дослідження комп’ютерних систем та мереж» для студентів галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія» / Укл.: О.В. Суботін. – Краматорськ : ДДМА. – 2017. – 32 с.

ДОДАТОК 1

ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ

- 1 Тема дипломної роботи (стор. 1)
- 2 Аналіз технічного завдання (стор. 10 рис. 1.1, стор. 11 рис. 1.2)
- 3 Розміщення пристроїв (стор. 13 рис. 1.3)
- 4 Топології локальних мереж (стор. 15 рис. 2.1, стор. 16 рис. 2.2, стор. 17 рис. 2.3)
- 5 Топологічна схема мережі (стор. 28 рис. 3.1)
- 6 Мережеве обладнання (стор. 37 рис. 4.2, стор. 39 рис. 4.3, стор. 40 рис. 4.4)
- 7 Кабельна система (стор. 32 рис. 3.2)
- 8 Пасивне обладнання (стор. 42 рис. 4.5, стор. 43 рис. 4.6, стор. 44 рис. 4.7)
- 9 Клієнтське обладнання (стор. 45 рис. 4.9, стор. 47 рис. 4.10, стор. 48 рис. 4.11, стор. 49 рис. 4.12, стор. 55 рис. 5.1)