

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри автоматики та
телекомунікацій

Валерій ПОЦЕПАСВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«___» _____ 2024 р.

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка телекомунікаційної мережі бездротового доступу для ТЦ
«Gray Plaza»»

Виконав студент 4 курсу, групи ТКР-20
(шифр групи)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

Гаращенко Валерія Станіславовича
(Прізвище, Ім'я та По-батькові) (підпис)

Керівник ст. викл. каф. АТ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я) (підпис)

Гліб СТУПАК

Рецензент к.т.н., доц., доц. каф. ЕТКІ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ім'я) (підпис)

Ганна ШЕЇНА

Нормоконтроль:

Дар'я ЖУКОВСЬКА

17.06.2024 р.

Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Луцьк – 2024 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____
(дата)

з оцінкою _____

Секретар ЕК _____
(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра

Тема: «Розробка телекомунікаційної мережі бездротового доступу для ТЦ
«Gray Plaza»»

Виконавець, студент

гр. ТКР – 20

Валерій ГАРАЩЕНКО

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Гліб СТУПАК

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

Ганна ТЕЛИЧКО

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дар'я ЖУКОВСЬКА

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтроль

Дар'я ЖУКОВСЬКА

(підпис, дата, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Луцьк – 2024 р.

**Державний вищий навчальний заклад
"Донецький національний технічний університет"**

Інститут, факультет Комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра Автоматика та телекомунікації
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва)
Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**В.о. завідувача кафедри АТ
Валерій ПОЦЕПАСВ**

«_____» _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Гаращенко Валерій Станіславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка телекомунікаційної мережі бездротового доступу для ТЦ «Gray Plaza»»

керівник проекту (роботи) Ступак Гліб Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 25.04.2024 року № 164

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи)_____

Технічна документація та матеріали з переддипломної практики

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Аналіз та визначення характеристики об'єкту; 2) Аналітичне проектування, вибір технологій та протоколів; 3) Апаратний синтез, та вибір обладнання; 3) IP-проектування, та налаштування моделі бездротової мережі

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Генплан території ТРЦ «Gray Plaza», план першого поверху ТРЦ «Gray Plaza»,
Інформаційна модель мережі, структурна схема мережі, план розподілу СКС
першого та другого підрозділу ТРЦ.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,3	Ступак Г.В., ст.викл. каф. АТ		
2	Теличко Г.О., доц. каф. АТ		
4	Жуковська Д.О., асист. каф. АТ		
Нормоконтроль	Жуковська Д.О., ас. каф. АТ	-	17.06.2024 р.

7. Дата видачі завдання 25.04.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз та характеристика об'єкту	27.04	
2	Аналітичне проектування, вибір технологій та протоколів	4.05	
3	Апаратний синтез, та вибір обладнання	19.05	
4	ІР-проектування	30.5	
5	Охорона праці	12.06	
6	Оформлення	17.06	

Студент _____ Валерій ГАРАЩЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Гліб СТУПАК
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Гаращенко В.С. Розробка телекомунікаційної мережі бездротового доступу для ТРЦ «Gray Plaza» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. – ДВНЗ «ДонНТУ», Луцьк, 2024.

Пояснювальна записка: 86 стор., 20 рис., 8 табл., 19 посилань.

У дипломній роботі представлено процес розробки телекомунікаційної мережі для торгівельно-розважального центру “Gray Plaza”. Розроблена система надає можливість використання різноманітних послуг локальної та зовнішньої мережі Інтернет з впровадженням бездротових технологій, як єдиної систему комунікацій, яка має бути мобільною, швидкою для розгортання, налаштування та подальшої модернізації при необхідності.

В процесі виконання проекту, було проведено аналіз об’єкту, його основних площ, приблизну оцінку кількості основного персоналу ТРЦ та відвідувачів, проведено аналіз можливого трафіку, на основі цього проведений розрахунок навантаження на систему. На основі загальної ієрархії розроблена структурна та функціональна схема, визначені основні стандарти та технології, сервіси для налаштування та керування мережею. Проведено радіочастотне планування мережі, визначені основні компоненти мережевого обладнання та побудована структурна кабельна система. Проведено ІР-проекування мережі, визначені права різних категорій у мережі, розроблена принципова схема та налаштування основних вузлів у емуляторі. Проведена робота над забезпеченням безпеки користування мережею.

Ключові слова: БЕЗДРОВОТА МЕРЕЖА, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, МЕРЕЖА ТРЦ, ТРАФІК, МЕРЕЖЕВЕ ОБЛАДНАННЯ, ГРУПИ КОРИСТУВАЧІВ, АНАЛІЗ, КАТЕГОРІЇ ТРАФІКУ, ІЄРАРХІЯ, НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ, СЕРВІСИ, КОДЕК, ПОСЛУГИ, СТАНДАРТИ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
1 АНАЛІЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ.....	13
1.1 Узагальнена характеристика будівлі ТРЦ «Gray Plaza».....	13
1.2 Аналіз абонентського складу та основні типи користувачів бездротової мережі.....	16
1.3 Розробка інформаційної моделі, основні послуги та класифікація користувачів мережі.....	16
1.4 Розрахунок навантаження.....	18
1.4.1 Методика розрахунку трафіку на IP-мережу.....	18
1.4.2 Визначення характеристик сервісів мережі.....	19
1.4.3 Порівняльна характеристика кодеків для аудіозв'язку.....	21
1.4.4 Порівняльна характеристика кодеків для відеозв'язку.....	22
1.4.5 Визначення вимог для файлового обміну.....	23
1.4.6 Остаточний розрахунок.....	25
Висновки до розділу 1	25
2 АНАЛІТИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРОТОКОЛІВ	27
2.1 Технології побудови радіосегменту мережі (MIMO, хендовер, мультисід і т.д.)	27
2.2 Класифікація сімейства стандартів 802.11.....	29
2.3 Ієрархія та структурна схема, типи каналів зв'язку.....	30
2.3.1 Моделі розподілу трафіку в мережі.....	32
2.3.2 Типи каналів зв'язку.....	36
2.4 Функціональна схема.....	37
Висновки до розділу 2.....	40
3 АПАРАТНИЙ СИНТЕЗ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ.....	42
3.1 Вибір точок доступу та радіочастотне планування мережі.....	42

3.1.1 Вибір точок бездротового доступу.....	42
3.1.2 Радіочастотне планування мережі.....	44
3.2 Вибір контролеру.....	46
3.3 Вибір комутаторів та маршрутизаторів.....	48
3.4 Побудова СКС.....	51
Висновки до розділу 3.....	54
4 IP-ПРОЕКТУВАННЯ.....	55
4.1 Розподіл адресного простору та вимоги щодо безпеки та логічного поділу мережі.....	55
4.2 Побудова моделі та проведення основних налаштувань.....	57
4.3 Перевірка налаштування мережі.....	64
Висновки до розділу 4.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69
ДОДАТОК А – Охорона праці.....	71

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ПК – персональний комп'ютер;
ТРЦ – торговельно-розважальний центр;
СКС – структурована кабельна система;
ТМЗК – телефонна мережа загального користування;
БД – база даних;
ДСТУ – державний стандарт України;
WLAN – wireless local area network;
VLAN – virtual local area network;
QoS – (Quality of Service).

ВСТУП

Проект дипломної роботи буде присвячений актуальній на сьогоднішній день задачі впровадження та розробка телекомунікаційної бездротової інфраструктури для торгівельно-розважального центра «Gray Plaza» у місті Самборі.

Впровадження технології бездротового доступу в торгівельних центрах стає все більш актуальним, оскільки це відкриває широкі можливості для підвищення ефективності роботи співробітників та поліпшення якості обслуговування клієнтів. Завдяки Wi-Fi, комунікація між співробітниками, а також між співробітниками та керівництвом, стає миттєвою та ефективною, що особливо важливо у великих торгівельних просторах для швидкої координації дій.

Мережа, яка буде розроблена та представлена в дипломному проекті повинна надавати наступні послуги/можливості:

- супроводження заходів, що проводяться в ТРЦ;
- бездротова передача даних та доступ в Інтернет для орендарів, адміністрації та клієнтів (магазини, офіси, кафе, ресторани, виставкові площі);
- безкоштовний Інтернет-доступ засобами публічної бездротової мережі
- аудіо-відео зв'язок у межах мережі та зовні її.
- файловий обмін та доступ до бази даних для локальної мережі ТРЦ, для окремих груп користувачів.
- легку модернізацію при необхідності.

Були використані різні методи для реалізації та надання необхідних послуг, в рамках дипломного проекту був проведений ряд заходів:

- визначені основні критерії послуг, що надаються та розроблена інформаційна модель;
- визначені групи користувачів мережі та термінальних пристроїв;

- проведений розрахунок навантаження;
- розроблено топологічне рішення з побудови мережі;
- виконаний аналіз типових архітектурних рішень та розроблені структурна та функціональна схема;
- проведений вибір обладнання для мережі;
- розроблена монтажна схема СКС;
- наведений приклад налаштування активного устаткування;
- проведений комплекс з заходів техніки безпеки та охорони праці.

Для достовірності отриманих даних проведено дослідження, які включали порівняння різних стандартів та технологій IEEE 802.11 для розрахунку телекомунікаційної системи. Виконаний аналіз абонентського складу. Були використані методи розрахунку мережевого трафіку з урахуванням груп користувачів та визначення вимог сервісів, якими вони оперують. Виконаний аналіз топологічних та структурних рішень та кінцевий вигляд схеми, на основі цього отримано інформацію про обладнання, яке потрібно буде використовувано.

При виборі обладнання враховувалися зазначені виробником характеристики. Кінцевий вигляд бездротового покриття для наглядності та достовірності зображений на тепловій карті.

Налаштування та перевірку системи зроблено у середовищі Cisco Packet Tracer.

Мета – підвищити привабливість та рівень обслуговування для клієнтів та орендаторів, через впровадження бездротових технологій мережевого доступу.

Актуальність роботи полягає в впровадженні сучасних бездротових технологій та рішень, направлених на підвищення якості обслуговування, управління, залученні клієнтів та орендаторів.

Предмет – Торгівельно-розважальний центр «Gray Plaza».

Об’єкт – телекомунікаційна бездротова мережа.

Задачі:

1. провести аналіз об’єкту проектування та навести його

характеристики;

2. провести аналітичне проектування, вибір технологій та протоколів ;
3. Визначитись з апаратним устаткуванням, активним та пасивним;
4. IP-проектування;

Результатом дипломного проекту є пояснювальна записка, що містить проектні рішення, дослідження, їх обґрунтування та опис. За схемами, що запропоновані в роботі та відповідним описом в подальшому можна розробити повноцінний комплект технічної документації для побудови та налаштування мережі в торговельному центрі.

Методи дослідження – аналітичні методи, імітаційне моделювання.

Структура і обсяг випускної кваліфікаційної роботи: : 86 стор., 20 рис., 8 табл., 19 посилань, 1 додаток.

1 АНАЛІЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ

1.1 Узагальнена характеристика будівлі ТРЦ «Gray Plaza»

ТРЦ «Gray Plaza» який розташований у м. Самборі, представляє себе, як достатньо великий торгівельний центр на стадії будівництва автостанція та торгові центри загальною площею майже 5737м.кв. з торговими приміщеннями та торговими галереями, заплановано приміщення під продуктовий супермаркет.

"Gray Plaza" працює щодня з 8 ранку до півночі і не має вихідних. Проектована кількість відвідувачів становить близько 4 тисяч людей на день (середнє значення). У будні в центр приходить у середньому 3-4 тисяч відвідувачів на день, а у вихідні та святкові дні ця цифра становить близько 2 тисяч, визначається, як ідеальне місце для сімейних покупок та відпочинку, як так званий "центр вихідного дня". Він пропонує широкий вибір товарів, таких як продукти харчування, будівельні матеріали, меблі, одяг для всієї родини, товари для дітей, взуття, спортивні товари, аксесуари, косметика, електроніка, предмети для дому, товари для тварин та багато іншого.[3]

Згідно інформації наведеної в інтернеті, має два поверхи приблизно однакових структур всередині, має також багато майданчиків для розташування магазинів або комплексів, нижче наведений генплан території ТРЦ.



Рисунок 1.1 – Генплан території ТРЦ «Gray Plaza»

Як бачимо на рис. 1.1 комплекс представляє собою достатньо велику будівлю, з двома поверхами, можна виділити кілька розділів саме нашого торговельного центру, це підрозділи 1-5. Сам торговельний центр побудований на два поверхи, але для розробки буде використаний лише план першого поверху представлений нижче на рис. 1.2

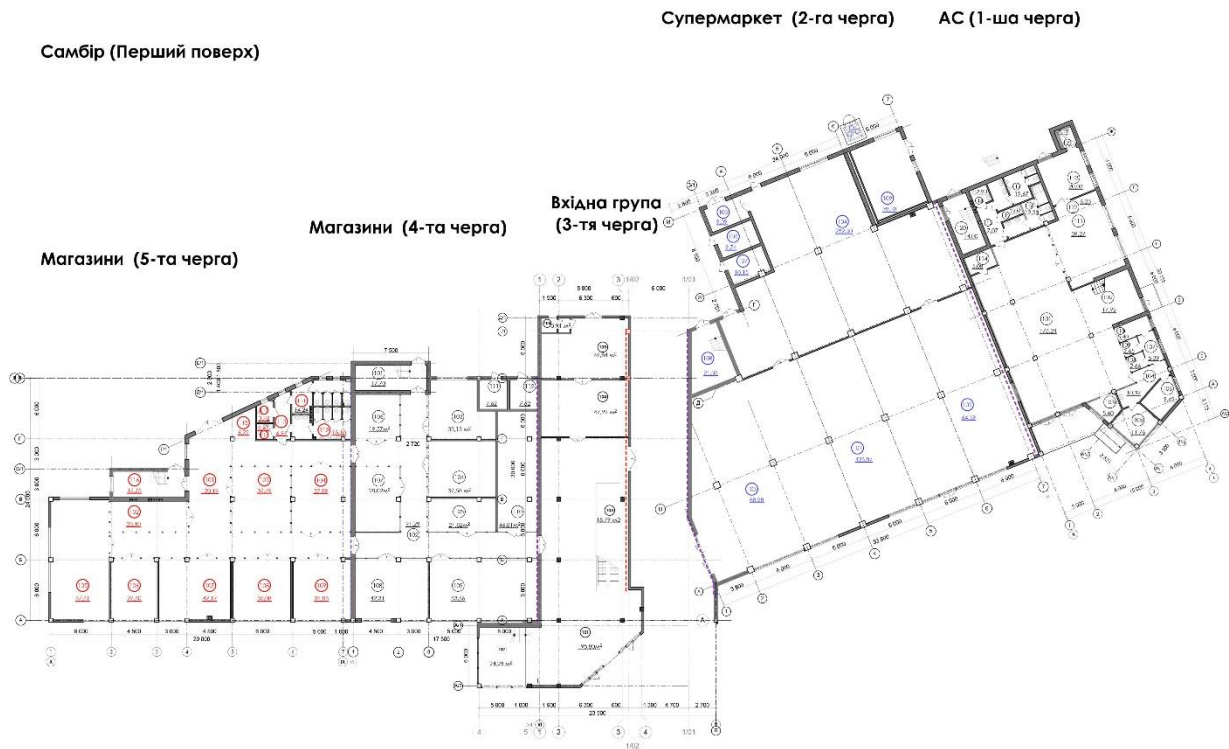


Рисунок 1.1 – План першого поверху ТРЦ «Gray Plaza»

Загальна корисна площа підрозділів першого поверху становить 2379 м², цього достатньо для розташування декількох десятків магазинів різного призначення, ось деякі з них:

- Площі підрозділів ТЦ «Gray Plaza» :
- Супермаркет (2-га черга): 873 м²
- АС (1-ша черга): 283 м²
- Вхідна група (3-тя черга): 333 м²
- Магазини (4-та черга): 431 м²
- Магазини (5-та черга): 459 м²
- Загальна площа: 2379 м²

Також можна зазначити, що є не використана площа, там, де телекомунікації або не потрібні, або можливі за бажанням проектувальника, до цього списку можна включити вбиральні та вільні площі біля ТЦ

1.2 Аналіз абонентського складу та основні типи користувачів бездротової мережі

Основним типом користувачів, як правило, будуть становити відвідувачі, яких буде найбільша кількість, але мережа буде мати декілька підрівнів, для можливості роботи з співробітниками магазину та адміністрації, кожен з них має свої послуги для користування.[3,8]

Відвідувачам потрібен доступ до мережі, в першу чергу для отримання інформації про товар, його характеристики та розташування в магазині.

Співробітникам потреба полягає в розташуванні товару у базі даних, контролем за строком придатності(якщо це продукти), подальший його продаж, та уникненню крадіжки. Для цього є список доступу та безпекові рівні у мережі, які потрібні для злагодження роботи різних підрозділів і уникнення/усунення помилок та спроб несанкціонованої спроби входу до системи.

Як правило основні співробітники торговельного центру, які користуються мережею представлені адміністрацією та орендаторами, їх кількість приблизно оцінимо трохи пізніше.

1.3 Розробка інформаційної моделі, основні послуги та класифікація користувачів мережі

В мережі що проектується будуть представлені наступні інформаційні сервіси:

- доступ до мережі Інтернет;
- доступ до серверу БД;
- файловий обмін;
- внутрішня мережа ТРЦ;

В якості користувачів та кінцевого термінального устаткування для користування інформаційними послугами виступають наступні:

- робочі станції співробітників ТРЦ «Gray Plaza»;
- абонентські пристрої відвідувачів;
- орендні площі;

Згідно зазначеному опису вище, можна підсумувати та проілюструвати інформаційну мережу:

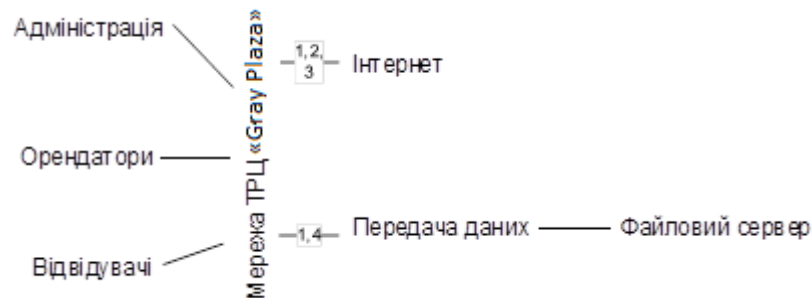


Рисунок 1.1 – Інформаційна модель мережі

Згідно плану та розрахунків на основі його, можна зазначити що кількість місць для розташування магазинів та оренди площі для них становить приблизно 33шт, з цих даних можна зробити приблизний розрахунок кількості відвідувачів, орендаторів та адміністрації цього поверху, та на основі цього зробити кількісний аналіз абонентів мережі [1,2]

Таблиця 1.1 – Кількість абонентів за групами

Група	Поверх
	1
Адміністрація	12
Орендатори	70
Відвідувачі	1100

У табл. 1.1 наведена кількість абонентів за групами користувачів, на основі цих даних потрібно зробити розрахунок навантаження на лінії зв'язку.

1.4 Розрахунок навантаження

Для проведення розрахунку навантаження на IP-мережу необхідно скористатися наступною методикою, наведеною нижче. Такий метод дозволяє в достатній мірі визначити приблизне навантаження для кожної з груп користувачів та типу їх послуг

1.4.1 Методика розрахунку трафіку на IP-мережу

В якості вихідних параметрів виступають кількість користувачів відповідних послуг, та характеристика послуг. Розрахунок трафіка ведеться згідно за формулою (1.1), яка має такий вигляд:

$$y_i^{(k)} = B_{cp}^{(k)} \cdot N_{аб_i}^{(k)} \cdot T_c^{(k)} \cdot f_{викл_i}^{(k)} \quad (1.1)$$

де k – номер мережної послуги;

i – номер вузла;

$\gamma_i^{(k)}$ – математичне очікування трафіка, який генерується k -ю послугою на i -му вузлі;

$B_{cp}^{(k)}$ – пропускна здатність каналу зв'язку, якої достатньо для якісної передачі трафіка k -ї послуги;

$N_{аб_i}^{(k)}$ – кількість абонентів на i -му вузлі, які користуються k -ю послугою;

$T_c^{(k)}$ – середня тривалість сеансу зв'язку для k -ї послуги;

$f_{викл_i}^{(k)}$ – середня кількість викликів у годину найбільшого навантаження для користувачів i -го вузла, які використовують k -у послугу.

$f_{викл_i}^{(k)}$

Швидкість передачі даних $B_{cp}^{(k)}$ знаходиться за формулою (1.2):

$$B_{cp}^{(k)} = \frac{B_{\max}^{(k)}}{P^{(k)}} \quad (1.2)$$

де $B_{cp}^{(k)}$ – максимальна пропускна здатність каналу зв'язку;

$P^{(k)}$ – пачковість на одного абонента – відношення між максимальною та середньою пропускною здатністю, необхідною для забезпечення k -ї послуги; ця величина характеризує вибухоподібність трафіку.

Для проведення розрахунків окрім кількості користувачів тієї чи іншої категорії необхідно надати характеристики широкомовних послуг. Можна виділити наступні загальні характеристики трафіку передачі даних:

- показник вибухоподібного характеру трафіку;
- терпимість до затримок;
- час відповіді;
- необхідна пропускна здатність;
- інтенсивність користування послугою;
- середній час користування послугою.

Проаналізувавши необхідні дані для розрахунку ми знаємо на поточний момент кількість абонентів та їх розподіл за класами. Наразі не вистачає параметрів мережних сервісів.

Для подальшого розрахунку навантаження потрібно визначитись з характеристиками сервісів мережі

1.4.2 Визначення характеристик сервісів мережі

Згідно з попередніми пунктами, в мережі будуть присутні наступні види трафіку:

- доступ до Інтернет;
- файловий обмін;
- БД ТРЦ;

- Аудіо, відео зв'язок;

Всі види трафіку розподілені між користувачами та відповідними групами. Необхідно визначити ключові параметри, необхідні для розрахунку навантаження, для кожного типу послуги.

Доступ до мережі інтернет повинен мати достатню пропускну здатність для безперервної передачі даних, та запобіганню великих затримок, але при цьому не запобігати файловому обміну між сервером БД системи ТРЦ

У мережі немає достовірних даних статистики трафіку сервісів для ТРЦ, щоб орієнтуватись на них при розрахунку пропускну здатності для мережі, тому будемо використовувати середні значення швидкості передачі для різних сервісів мережі попередньо зробимо аналіз на основі даних які є в відкритому доступі.

Пропускна здатність для сервісів, які ми використовуємо буде визначатись та відрізнятись від використання різних кодеків та їх режимів роботи, потрібно провести аналіз популярних кодеків для аудіо та відеозв'язку.

1.4.2 Визначення характеристик сервісів мережі

Згідно з попередніми пунктами, в мережі будуть присутні наступні види трафіку:

- доступ до Інтернет;
- файловий обмін;
- БД ТРЦ;
- Аудіо, відео зв'язок;

Всі види трафіку розподілені між користувачами та відповідними групами. Необхідно визначити ключові параметри, необхідні для розрахунку навантаження, для кожного типу послуги.[8]

Доступ до мережі інтернет повинен мати достатню пропускну здатність для безперервної передачі даних, та запобіганню великих затримок, але при цьому не запобігати файловому обміну між сервером БД системи ТРЦ[2]

У мережі немає достовірних даних статистики трафіку сервісів для ТРЦ, щоб орієнтуватись на них при розрахунку пропускної здатності для мережі, тому будемо використовувати середні значення швидкості передачі для різних сервісів мережі попередньо зробимо аналіз на основі даних які є в відкритому доступі.

Пропускна здатність для сервісів, які ми використовуємо буде визначатись та відрізнятись від використання різних кодеків та їх режимів роботи, потрібно провести аналіз популярних кодеків для аудіо та відеозв'язку.

1.4.3 Порівняльна характеристика кодеків для аудіозв'язку

Месенджери та програми для голосового зв'язку використовують різноманітні кодеки для оптимізації передачі голосу через Інтернет. Зробимо перелік їх характеристик:

- Opus - це відкритий, універсальний аудіокодек, який надзвичайно ефективний для передачі голосу та музики. Він широко використовується у таких програмах, як WhatsApp, Skype та Discord. Бітрейт може бути динамічно адаптованим від приблизно 6 до 510 kbps, але для голосових дзвінків часто використовуються налаштування в діапазоні 24-40 kbps. Загальна пропускна здатність: $0.024-0.040 \text{ Мбіт/с}$ (бітрейт) + приблизно $0.005-0.010 \text{ Мбіт/с}$ (мережеві заголовки) = приблизно $0.029-0.050 \text{ Мбіт/с}$.

- AAC (Advanced Audio Codec) - хоча цей кодек частіше використовується для стиснення музики, він також може бути використаний у відеодзвінках та інших аудіозастосуваннях. Бітрейт для AAC може варіюватися в залежності від компресії і якості, але для голосових зв'язків зазвичай використовується в діапазоні від 32 до 128 kbps. Загальна пропускна здатність: $0.032-0.128 \text{ Мбіт/с}$ (бітрейт) + приблизно $0.005-0.010 \text{ Мбіт/с}$ (мережеві заголовки) = приблизно $0.037-0.138 \text{ Мбіт/с}$

- Speex - кодек, призначений для передачі голосу, який також є відкритим і був популярний до розробки Opus. Варіюється від приблизно 2.15

до 44.2 kbps. Найбільш поширене використання — 8 до 32 kbps.

– G.711 - це стандартний кодек для аудіо, який часто використовується в системах телефонії. Він підтримує високу якість голосу, але вимагає більшої пропускної здатності порівняно з іншими кодеками. Фіксований бітрейт приблизно 64 kbps плюс додаткова пропускна здатність для заголовків IP, TCP або UDP/RTP, що може збільшити загальний бітрейт до приблизно 80-90 kbps. Фіксований загальний бітрейт: $0.064 \text{ Мбіт/с (бітрейт)} + \text{приблизно } 0.016\text{-}0.026 \text{ Мбіт/с (мережеві заголовки)} = \text{приблизно } 0.080\text{-}0.090 \text{ Мбіт/с}$.

– G.729 - це ще один кодек, оптимізований для голосового зв'язку, який використовується в багатьох комерційних системах голосової передачі через IP (VoIP). Бітрейт для G.729 становить приблизно 8 kbps, але з урахуванням заголовків мережових протоколів загальна пропускна здатність може досягти приблизно 24-30 kbps. Фіксований загальний бітрейт: $0.008 \text{ Мбіт/с (бітрейт)} + \text{приблизно } 0.016\text{-}0.022 \text{ Мбіт/с (мережеві заголовки)} = \text{приблизно } 0.024\text{-}0.030 \text{ Мбіт/с}$.

– SILK - кодек, розроблений Skype, який забезпечує високу якість голосу навіть при низьких швидкостях передачі даних. SILK дозволяє адаптацію бітрейта і може працювати в діапазоні від 6 до 40 kbps, в залежності від якості і потреби у зв'язку. Загальна пропускна здатність: $0.006\text{-}0.040 \text{ Мбіт/с (бітрейт)} + \text{приблизно } 0.005\text{-}0.010 \text{ Мбіт/с (мережеві заголовки)} = \text{приблизно } 0.011\text{-}0.050 \text{ Мбіт/с}$.

Згідно порівняльної характеристики можна визначити, що пропускної здатності для голосового каналу буде достатньо навіть 0,2Мбіт/с для всіх популярних кодеків аудіозв'язку.

1.4.4 Порівняльна характеристика кодеків для відеозв'язку

– H.264/AVC: Цей кодек є одним з найбільш поширених для відеозв'язку та стрімінгу. Він відомий своєю ефективністю стиснення та

широкою підтримкою у різноманітних пристроях і платформах. Відеодзвінки зазвичай використовують бітрейти від 500 Kbps до 2 Mbps.

- H.265/HEVC: Кодек, який забезпечує краще стиснення порівняно з H.264, що дозволяє передавати відео вищої якості при тому ж або навіть нижчому бітрейті. Це особливо корисно для 4K відео. Типові бітрейти для відеоконференцій становлять 1-2 Mbps для HD і до 5-10 Mbps для 4K.

- VP8 і VP9: Обидва ці кодеки розроблені Google і є відкритими. VP8 часто використовується в застосунках на базі WebRTC, а VP9 пропонує краще стиснення і підтримку високих роздільностей. Бітрейти для VP8 варіюються від 500 Kbps до 2 Mbps, тоді як VP9 може вимагати від 1 до 2 Mbps для стандартного HD відео і вище для вищих роздільностей.

- AV1: Новітній кодек, розроблений Alliance for Open Media, забезпечує значно краще стиснення порівняно з HEVC. AV1 оптимізований для використання в інтернеті і підтримує адаптивний стрімінг та відеозв'язок з низьким споживанням даних. Він може використовувати бітрейти від 700 Kbps для HD і до 1.5 Mbps або вище для 4K.

Як бачимо, всі популярні кодеки для відео мають максимальний бітрейт при перегляді у HD близько 2Мбіт/с, але це без включення мережових заголовків, тому як правило, для якісного відеозв'язку вистачить до 5 Мбіт/с, та для більш якісних форматів, які мають велику роздільну здатність(2K та вище) близько 10Мбіт/с

1.4.5 Визначення вимог для файлового обміну

Файловий обмін, як правило не має високих вимог до затримок, переважно для цього головна характеристикою вважається швидкість передачі, тобто пропускна здатність. В залежності від розміру файлу пропускна здатність може варіюватись, до того ж пропускна здатність залежить від кількості файлів, в деяких випадках обмін малих файлів у великій кількості може відбуватись з значними затратами у часі, при тому що один великий файл буде передаватись

бистріше. За наявними даними, в цілому для достатньо швидкої передачі файлів у локальній мережі достатньо близько 100 Мбіт/с, для балансування системи за категоріями трохи знизимо пропускну здатність для категорії яка складає більшу кількість абонентів цього сервісу – тобто орендаторів, до 50Мбіт/с щоб не перенавантажувати систему.

Після уточнення даних про характеристики та вимоги до різних категорій трафіку можна підвести підсумки, на основі яких буде проведений більш точний розрахунок.

Для цього зробимо таблиці вимог до сервісів та користувачів:

Табл.1.2 – Загальні вимоги до мережі для основних сервісів

Сервіс	Пачечність	Затримка (мс)	Пропускна здатність (Мбіт/с)
Голос (VoIP)	1	≤ 150	0.2
Файловий обмін	4	≤ 200	1 - 100
Інтернет (загальний доступ)	2	≤ 200	1 – 10
Відеоконференції	1	≤ 150	2 - 10

Табл.1.3 – Таблиця потреб користувачів

Група	Сервіси	Пачечність	Затримка (мс)	Пропускна здатність (Мбіт/с)
Відвідувачі	Інтернет	2	≤ 200	5-10
Орендатори	Інтернет, БД, файловий обмін внутрішня мережа ТЦ	4	≤ 200	10-40
Адміністрація	Інтернет, БД, файловий обмін, внутрішня мережа ТЦ	3	≤ 150	30-50

Параметри інтенсивності викликів та середнього часу використання

послуги регламентуються суто статистичними даними для кожного різновиду послуг, або з власних міркувань.

1.4.6 Остаточний розрахунок

Для остаточного розрахунку трафіку скористаємося формулою яка була зазначена раніше, але пачечність в даному випадку не має значення, тому що ми робимо розрахунок для всіх активних абонентів у даний момент часу, та на основі її зробимо таблицю для кожної з груп користувачів та сервісів які вони будуть використовувати

Табл.1.4 – Розрахунок навантаження

Сервіс	Група	Пропускна здатність, мбіт/с, $B_{cp}^{(k)}$	Кількість абонентів, $N_{аб}^{(k)}$	Середня тривалість сеансу, $T_c^{(k)}$	Середня кількість викликів, $f_{викл}^{(k)}$	Математичне очікування трафіка, мбіт/с, $\gamma_t^{(k)}$	Взагалом, мбіт/с
Голос(VoIP)	Відвідувачі	0,20	1100	300	3	55	75
	Орендатори		70	420	10	16	
	Адміністрація		12	600	10	4	
Файловий обмін	Орендатори	50	70	400	2	778	1311
	Адміністрація	100	12	400	4	533	
Інтернет (загальний доступ)	Відвідувачі	10	1100	30	10	917	1190
	Орендатори	40	70	30	10	233	
	Адміністрація	40	12	30	10	40	
Відеоконференції	Відвідувачі	2	1100	60	2	73	437
	Орендатори	10	70	120	13	303	
	Адміністрація		12	120	15	60	

У табл. 1.4 наведений кінцевий розрахунок навантаження у мережі, ця інформація допоможе при подальшій розробці системи та виборі обладнання.

Висновки до розділу 1

В першому розділі дипломного проекту було проведено аналіз об'єкту проектування, приблизний підрахунок площі підрозділів об'єкту, та кількості відвідувачів і персоналу ТРЦ, також проведено аналіз абонентського складу, поділений на три основних категорії (відвідувачі, орендатори, адміністрація), також зроблений пріоритетний поділ абонентів на різні категорії сервісів мережі, побудована інформаційна модель мережі та її складових[2], зроблений

аналіз основного трафіку, характеристик сервісів мережі, аналіз та порівняння різних кодеків для відео- та аудіо-зв'язку, на основі якого зроблено розрахунок потрібної пропускної здатності мережі для різних категорій абонентів та сервісів.

В результаті проведеної роботи виділено, що площа всіх підрозділів об'єкту дорівнює 2379 м², приблизний розрахунок кількості персоналу та відвідувачів показує, що їх кількість не буде перевищувати 1200 людей одночасно. Аналіз сервісів мережі показав, що кожний сервіс має різні потреби до мережі, встановлено пропускну здатність для основних сервісів мережі які будуть використовуватися найчастіше, для голосового зв'язку до 0,2 Мбіт/с, для відео до 2 Мбіт/с у якості HD, та близько 10 та вище для більшої роздільної здатності(FullHD, 2K, 4K), для файлового обміну близько 100 Мбіт/с, але для орендаторів було трохи занижена швидкість(до 50 Мбіт/с), задля балансування потреб. Також визначено, що на загальний доступ до інтернет мережі потрібно не менш ніж 2Гбіт/с з урахуванням голосового зв'язку та відеоконференцій поза межами локальної мережі ТРЦ.

2 АНАЛІТИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРОТОКОЛІВ

2.1 Технології побудови радіосегменту мережі (MIMO, хендовер, мультисід і т.д.)

Потрібно визначити ті технології, які нам підійдуть або можливо буде запровадити і використати, зробити перелік їх для ознайомлення, тут перелічені найпоширеніші з них:

- Хендовер (Handover)

Процес безперервного передавання активного сеансу зв'язку від однієї базової станції до іншої без втрати з'єднання. У бездротових мережах це критично важливо для забезпечення безперервного з'єднання під час переміщення користувачів у межах покриття мережі. Хендовер може бути вертикальним (між різними типами мереж, наприклад, Wi-Fi і LTE) та горизонтальним (в межах однієї мережі, наприклад, між різними точками доступу Wi-Fi).

- Мультисід (Multi-SSID)

Дозволяє створювати декілька віртуальних бездротових мереж на одній фізичній точці доступу. Це дозволяє сегментувати трафік між різними категоріями користувачів (наприклад, гості, співробітники, адміністрація) та забезпечувати різні рівні безпеки та політики доступу для кожної з мереж. Кожен SSID може мати власні налаштування безпеки, пріоритету трафіку та інші параметри.

- OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access)

OFDMA є розширенням OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), що використовується у Wi-Fi 6 (802.11ax). Ця технологія дозволяє розділити канал на декілька підканалів, кожен з яких може обслуговувати різних користувачів одночасно. Це значно підвищує

ефективність використання спектра, зменшує затримки та підвищує загальну пропускну здатність мережі.

- Beamforming

Технологія направлення сигналу у конкретному напрямку, що дозволяє поліпшити якість сигналу та зменшити інтерференцію з іншими сигналами. Це досягається за допомогою узгодженого керування фазами і амплітудами сигналів, що випромінюються різними антенами. Beamforming використовується у сучасних стандартах Wi-Fi для поліпшення покриття та продуктивності мережі.

- MIMO (Multiple Input Multiple Output)

Технологія, яка використовує декілька антен для передачі та прийому сигналу. Це дозволяє значно збільшити пропускну здатність та надійність мережі. У системах MIMO, антени можуть працювати як незалежні канали передачі даних, що дозволяє одночасно передавати декілька потоків даних. Ця технологія є основною у сучасних стандартах Wi-Fi (802.11n, 802.11ac, 802.11ax) і забезпечує підвищену продуктивність, особливо в умовах багатокористувацького середовища.

- MU-MIMO (Multi-User MIMO)

Є розширенням технології MIMO, яка дозволяє одночасно обслуговувати декілька пристроїв, що значно підвищує ефективність мережі в умовах великої кількості користувачів. Кожен користувач отримує свій унікальний потік даних, що передається через спільний канал, але розділений за допомогою різних антен.

Згідно переліку до нашої мережі підходять та будуть використовуватися такі технології як Хендовер, для безшовного перепідключення пристроїв, Мультисід для розподілення бездротової мережі між різними категоріями абонентів, MIMO та MU-MIMO для покращення покриття у різних точках ТЦ, та Beamforming, який є стандартною функцією для поліпшення якості зв'язку для абонентів.

Тепер, після вибору технологій побудови радіосегменту, потрібно

визначитись з стандартами 802.11(Wi-Fi), які зможуть підтримувати такі технології, які ми зазначили раніше, та будуть використані пізніше при налаштуванні та побудові мережі.

2.2 Класифікація сімейства стандартів 802.11

У цьому пункті ми розглянемо основні сімейства стандартів IEEE 802.11, що відомі під спільною назвою Wi-Fi. Ці стандарти визначають параметри бездротових мережних технологій і забезпечують основу для більшості сучасних бездротових мережових з'єднань.

1. 802.11a (1999): Оперує на частоті 5 ГГц, забезпечуючи максимальну швидкість передачі даних 54 Мбіт/с. Використання вищої частоти зменшує радіус дії у порівнянні з 802.11b, але забезпечує менше завад з іншими пристроями.

2. 802.11b (1999): Працює на частоті 2.4 ГГц і надає максимальну швидкість передачі даних до 11 Мбіт/с. Цей стандарт має більший радіус дії і кращу проникаючу здатність через перешкоди, що забезпечує його популярність у домашніх та офісних мережах.

3. 802.11g (2003): Також використовує частоту 2.4 ГГц, але підвищує максимальну швидкість передачі даних до 54 Мбіт/с і є сумісним з 802.11b, забезпечуючи легке оновлення існуючих мереж.

4. 802.11n (2009): Використовує частоти 2.4 ГГц та 5 ГГц і може досягати швидкостей до 600 Мбіт/с. Завдяки технології MIMO (Multiple Input Multiple Output), стандарт значно підвищує пропускну здатність та надійність мережі.

5. 802.11ac (2013): Оперує на частоті 5 ГГц і може надавати швидкості до кількох гігабіт в секунду. Стандарт використовує розширену версію MIMO — MU-MIMO (Multi-User MIMO), що дозволяє обслуговувати кілька користувачів одночасно, ефективно розподіляючи доступ до мережових ресурсів.

802.11ax (2019): Відомий також як Wi-Fi 6, цей стандарт використовує частоти 2.4 та 5 ГГц і впроваджує поліпшення, що стосуються ефективності, підтримки більшої кількості користувачів і зниження затримки. Це найновіший стандарт, який пропонує значне підвищення продуктивності порівняно з попередніми версіями.[2,3]

Як видно з переліку та опису, кожен наступний стандарт вносив зміни, які покращують продуктивність, збільшують швидкість передачі даних і оптимізують управління каналами та частотами для забезпечення надійніших та ефективніших бездротових з'єднань у різноманітних умовах.

Згідно таблиць приведених вище у пункті 1.4 , є розуміння того, що для кінцевого користувача у вигляді клієнта ТЦ швидкість буде складати приблизно до 100Мбит/с, для цієї швидкості взагалом підходить будь який стандарт, але ця швидкість буде все ж таки залежати від пропускну здатності обладнання, кількості клієнтів та їх потреб, тому буде динамічною та змінюватися в залежності від умов

У випадку з нашою мережею для ТЦ потрібно використовувати щось середнє, що не буде сильно перевантажувати систему та матиме великий стабільний радіус дії.

Привевши порівняльну характеристику для мережі ТЦ, найбільш оптимальним буде використання стандартів g, n та ac, вони включають в себе ключові параметри та технології(достатня пропускну здатність, можливість використання декількох частотних діапазонів, підтримку нових та застарілих пристроїв, використання технологій MIMO та MU-MIMO) які дають змогу використовувати Wi-Fi мережу для різних категорій користувачів та їх пристроїв.

2.3 Ієрархія та структурна схема, типи каналів зв'язку

Розробка топологічної схеми визначає кінцевий вид всієї системи, для побудови структурної та функціональної схеми в подальшому. Для початку

потрібно визначитись з ієрархією мережі

Відповідно до класичної ієрархічної моделі, як правило існують три основних рівні які складаються з:

- ядро;
- розподіл;
- доступ.

Робота мережі буде полягати в розподіленні трафіка між локальної мережею ТЦ та виходом у відкритий доступ Інтернет, для цього використовується класична схема розподілу на рівні

Ядро має ключове значення для системи, як правило це маршрутизатор, центральний рівень мережі, який забезпечує швидкий транспорт даних між різними підмережами. Рівень ядра часто включає високопродуктивні комутатори і маршрутизатори, які можуть обробляти великі обсяги даних і забезпечують з'єднання з іншими мережами.

Розподілом називається рівень, який забезпечує агрегацію даних від рівня доступу і здійснює маршрутизацію та фільтрацію пакетів. Цей рівень є посередником між рівнем доступу та ядра, реалізуючи політики мережевої безпеки, визначаючи маршрути та виконуючи загальну обробку трафіку, та саме розподіл між кінцевим рівнем - доступу

Рівень доступу - найнижчий рівень мережі, до якого підключаються кінцеві пристрої, такі як комп'ютери, принтери і телефони. Рівень доступу відповідає за безпосереднє підключення пристроїв до мережі і зазвичай включає комутатори, точки доступу, та бездротові маршрутизатори.

Потрібно згадати також про стратегії створення ієрархії мережі, які дозволяють досягнути максимальної продуктивності мережі.

На рівні ядру:

- у ядрі не повинні реалізовуватися мережні правила;
- кожен пристрій ядра повинен мати можливість доступу до кожного пункту призначення мережі.

На рівні розподілу:

- ізоляція наслідків зміни топології;
- керування розміром таблиці маршрутизації;
- агрегація мережного трафіка.
- підсумовування маршрутів;
- мінімізація числа каналів, що з'єднують рівень розподілу з ядром мережі.

На рівні доступу:

- формування мережного трафіка;
- контроль доступу до мережі;
- виконання інших функцій прикордонних пристроїв.

Алгоритм виконання структурної схеми буде виглядати так: на рівні ядра буде використовуватися маршрутизатор, до якого будуть підключені основний сервер БД ТРЦ та файлового обміну, WLAN контролер, комутатори розподілу(їх кількість визначимо пізніше), та до них точки доступу бездротової мережі.

На основі цих даних, в залежності від розташування та налаштувань контролера бездротової мережі, точок доступу та кабельного сегменту можливі бути використані декілька типових моделей розподілення трафіку, це потрібно враховувати при проектуванні мережі з великою кількістю користувачів, різних груп та підгруп, також створимо структурну схему, яка буде демонструвати саме структуру мережі, підключення загальних пристроїв та проходження трафіку скрізь нього, є декілька основних моделей розподілу трафік, тому розглянемо декілька з них:

2.3.1 Моделі розподілу трафіку в мережі

- Точки доступу під'єднуються безпосередньо до контролера WLAN
- Таку модель як правило використовують у невеликій мережі, де кількість точок доступу невелика. Точки доступу, можуть під'єднуватись як до самого

контролеру WLAN, так і через допоміжні комутатори з підтримкою PoE або без нього.

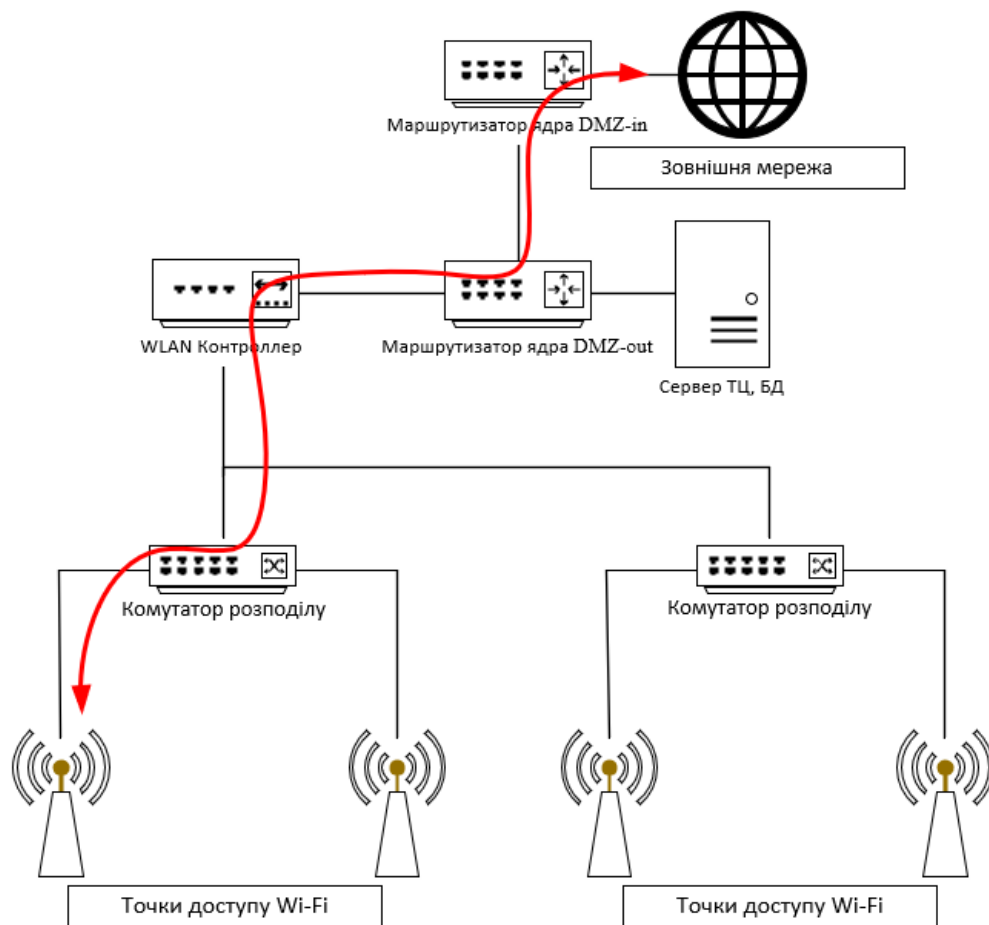


Рисунок 2.1 – Модель розподілу з безпосереднім проходженням трафіку через контролер WLAN

Така мережа, в який використовується контролер WLAN та чи виконується, або не виконується маршрутизація та комутація, може стати вузьким місцем мережі, і не дати потрібної пропускну здатності, до того ж навантаження на цей вузол буде набагато вище. Крім цього розташування контролеру та бездротових точок доступу має чіткі рамки, і практично не може бути де завгодно.

– Контролер WLAN виконує функцію шлюза за замовченням, для бездротових точок доступу

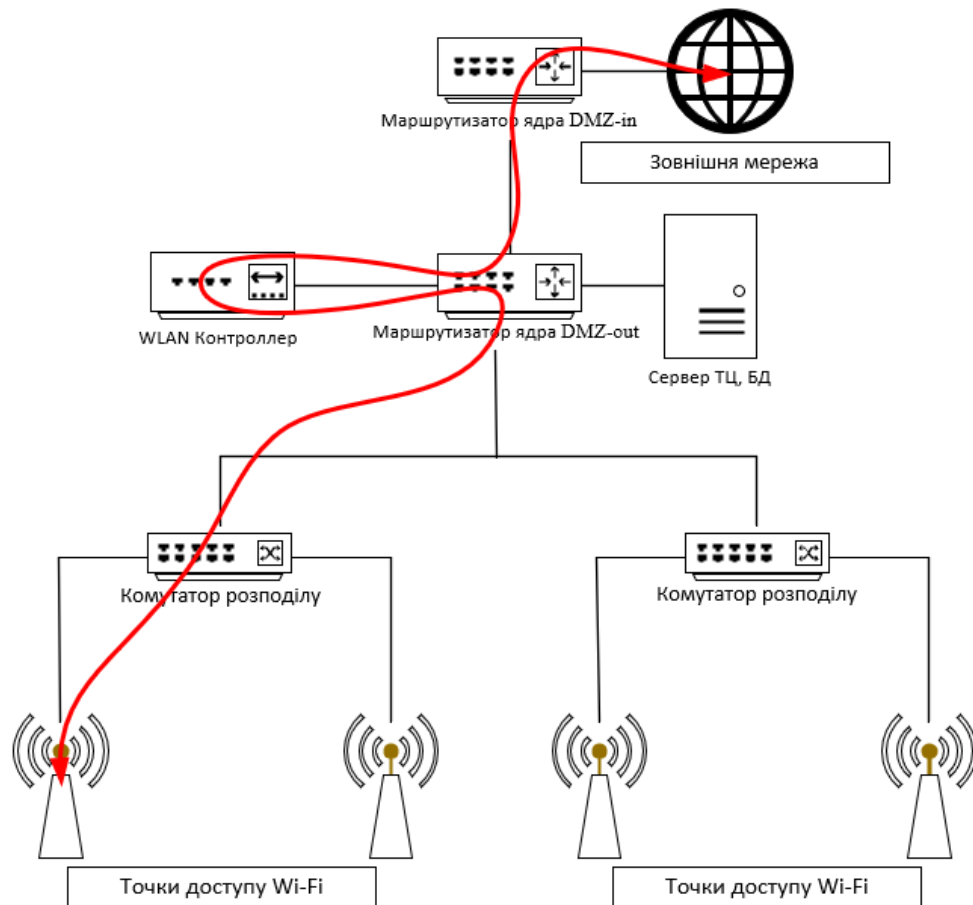


Рисунок 2.2 – Модель розподілу, контролер WLAN виконує функцію шлюза за замовченням для бездротових точок доступу

Модель створена за цим принципом, до контролеру та точок доступу немає вимоги в чіткому розташуванні у мережі фізично. Але все ще трафік проходить достатньо великий шлях, в даному випадку контролер все ще бути пропускати трафік скрізь себе. Але основним принципом є таке налаштування мережевого обладнання та пристроїв користувачів, за яким контролер виконує функцію шлюза за замовченням для користувачів бездротової мережі. Така мережа все ще допускає навантаження на контролер WLAN.

– Функцію шлюза за замовченням виконує або маршрутизатор, або комутатор 3-го рівня

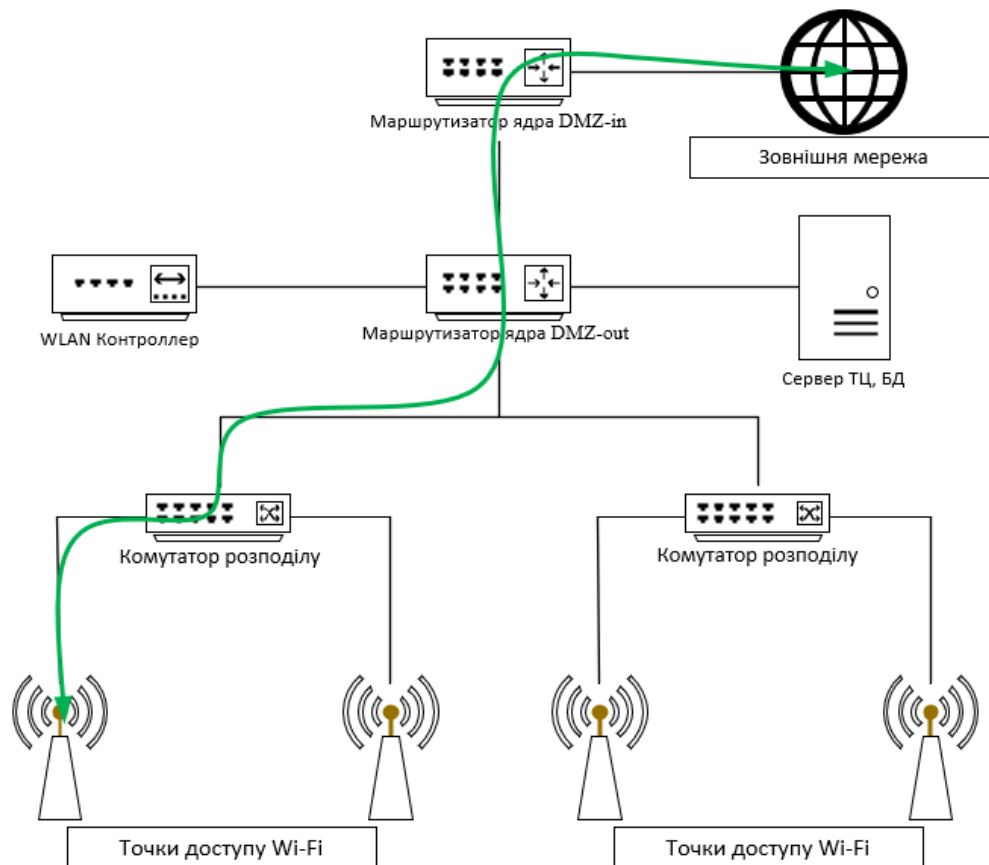


Рисунок 2.3 – Модель розподілу, функцію шлюза за замовченням виконує або маршрутизатор, або комутатор 3-го рівня

Модель у якій контролер виконує функції лише налаштування, всі функції маршрутизації та комутації покладено на маршрутизатори та комутатори 3-го рівня, контролер не бере участі у передачі трафіку. Також точки доступу виконують по суті функції моста, пов'язуючи бездротовий SSID з VLAN у дротовому сегменті. Уся подальша обробка трафіку проводиться дротовими комутаторами та маршрутизаторами. Таку схему більш оптимально використовувати у великих мережах таких як ТРЦ. Також, для великих мереж можна використовувати два контролери WLAN які можуть працювати у парі, для підвищення надійності та відмовостійкості мережі.

На основі порівняльної характеристики моделі мережі можна вже зробити структурну схему, таку яка дає мережі найбільшу кількість переваг у проектуванні та розташуванні пристроїв.

Кінцевий вигляд структурної схеми повинний виглядати приблизно так:

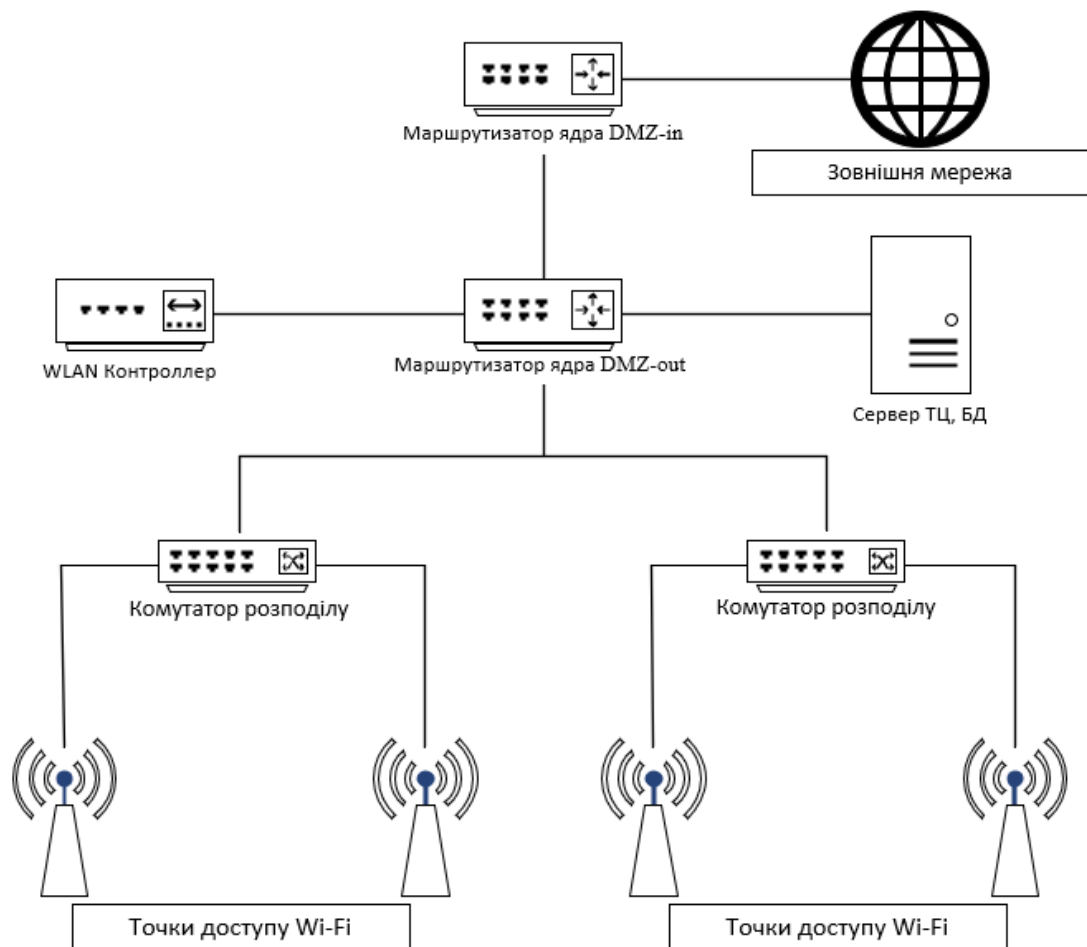


Рисунок 2.4 – Структурна схема мережі

Тепер після визначення з потрібною структурною схемою, потрібно визначитись з типами каналів зв'язку, які будуть використані у мережі.

2.3.2 Типи каналів зв'язку

Згідно першому пункту дипломної роботи, де ми виконували розрахунок навантаженості для різних груп користувачів та категорій трафіку, ми виконали таблицю, в якій зазначається потрібна пропускна здатність для конкретної категорії трафіку та групи користувачів. Вона показує, що для користування загальними послугами інтернет та відео-аудіо зв'язку потрібно не менш ніж 1702Мбіт/с для зовнішнього доступу, для цього зовнішній

маршрутизатор(router DMZ-out) має давати можливість підключення мережі пропускною здатністю якого потрібна за стандартами близько 2Гбіт/с. При таких швидкостях, більш доцільно використовувати оптично-волоконні методи передачі. Порти з підтримкою модулів 10GE SFP+ дозволяють використовувати оптичну лінію передачі найбільш ефективно, з максимальною пропускною здатністю, та мінімальними втратами на достатньо великих відстанях.

Після зовнішнього маршрутизатора виконує функції транспорту даних між різними підмережами внутрішній маршрутизатор ядра, його підключення буде створене через гігабітні модулі SFP, також буде використаний оптичний спосіб передачі даних.

Підключення контролеру WLAN буде здійснюватись через стандартний Gigabit Ethernet 1000BASE-X. Всі комутатори, та бездротові точки доступу будуть підключені через Gigabit Ethernet 1000BASE-TX, цей стандарт дозволяє легко використовувати всі можливості мережі, на відстані до 100м, також він підтримує необхідну для використання у великих мережах технологію Power over Ethernet (PoE), ця технологія дає можливість використання точок доступу без використання зовнішніх блоків живлення для кінцевих пристроїв, тому що живлення передається через вільні пари Ethernet, які не використовуються для передачі даних.

2.4 Функціональна схема

Функціональна схема має надавати загальний вигляд та алгоритм роботи мережі та його обладнання, вона є кінцевою ланкою після топологічного та структурного рішення.

Алгоритм роботи мережі полягає в правильному розподілі трафіку між групами користувачів та категоріями трафіку, головним розподілом займається рівень ядра, в нашому випадку маршрутизатор, він комутує пакети між рівнем розподілу, також він є головним центром управління та налаштування системи,

як безпекового рівня, так і апаратного налаштування підсистем.

Зовнішній маршрутизатор виконує функцію списків доступу та сервісів NAT. NAT (Network Address Translation) — це методологія, що дозволяє мережевим пристроям, таким як маршрутизатори, перетворювати IP-адреси та порти TCP/UDP пакетів даних, що проходять через них. Завдяки NAT, багато пристроїв в локальній мережі можуть використовувати одну публічну IP-адресу для взаємодії з Інтернетом, що сприяє збереженню адресного простору IPv4, а також забезпечує певний рівень безпеки.

Мережа буде працювати за протоколом TCP/IP, тобто мережа являє собою звичайну IP-мережу, в мережі створюються ір-адреси пристроїв, автоматичним розподілом яких займається протокол DHCP.

Стек протоколів TCP/IP складається з протоколів чотирьох рівнів:

- прикладного (application),
- транспортного (transport),
- мережевого (network),
- канального (data link).

Чотири рівні протоколів виконують весь спектр функціоналу стандартної моделі OSI. Мережева модель OSI (The Open Systems Interconnection model) — це модель стеку протоколів OSI/ISO. Згідно цієї моделі мережеві пристрої різних груп та категорій можуть взаємодіяти між собою. Ця модель визначає різні рівні взаємодії систем, кожен рівень виконує свої функції, при такому розподілі взаємодій між пристроями, така система дозволяє мережі бути послідовною, та виконувати всі функції мережі найбільш ефективно. Потрібно згадати, що стек є незалежним від фізичного середовища передачі даних.

Як згадувалось раніше, розподіл адресного простору буде виконаний автоматично за протоколом DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) — буквально, протокол динамічної конфігурації вузла, дозволяє пристроям автоматично отримувати ір-адресу та інші параметри, які необхідні для роботи в мережі TCP/IP. Протокол DHCP працює за принципом «клієнт-сервер», для цього мережевий пристрій звертається до головного серверу DHCP, від якого

пристрій отримує присвоєну свою ір-адресу та параметри налаштування. Адміністратор має можливість задавати діапазон адрес, що будуть розподілятися між пристроями в мережі. Така технологія допомагає уникнути ручного налаштування мережевих пристроїв, що робить мережу більш гнучкою, дозволяє без серйозних переробок розширювати кількість пристроїв, дає можливість уникнути великої кількості помилок, прискорює процес налаштування мережі.

Доступ до ресурсів зовнішньої мережі інтернет працює за допомогою протоколів HTTP та FTP. Функціонал мережі на всіх рівнях забезпечують службові протоколи UDP та SNMP.

ІР-телефонія використовує протоколи обміну SIP (Session Initiation Protocol - протокол встановлення сеансу) - це стандартний протокол сигналізації, який використовується для налагодження, контролю та завершення сеансів зв'язку, які можуть включати голос, відео, чат, ігри та інші мультимедійні елементи. SIP є одним із основних протоколів, що використовуються у технології голосу через Інтернет (VoIP) і відіграє ключову роль у сучасних ІР-телефонних системах та інших застосунках відеоконференцій.

Послуги електронної пошти працюють за протоколами для отримання повідомлень POP, та для відправки – SMTP.

Мережа структуризована за технологією віртуальних мереж VLAN, Це дозволяє групувати пристрої, що не залежать від їхнього фізичного розміщення у мережі, і керувати ними так, ніби вони знаходяться в окремих мережах. Використання VLAN забезпечує більшу гнучкість, підвищує безпеку і зменшує мережевий трафік.

Зробимо перелік протоколів, які будуть використані у мережі

- протокол HTTP – на основі даного протоколу здійснюється обмін гіпертекстовою інформацією в мережі Інтернет;
- протокол TCP/IP – базовий стек протоколів, за яким працюють телекомунікаційні ІР-мережі;

- протокол FTP – протокол обміну файлами в IP-мережах;
- протокол RTP – протокол обміну повідомленнями в реальному масштабі часу для систем IP-телефонії, відео зв'язку та відеоспостереження;
- протокол SMTP – протокол відправки поштових повідомлень;
- протокол POP – протокол отримання поштових повідомлень;
- протокол SIP – протокол IP-телефонії та організації відео конференцій;
- протокол H.264 – протокол компресії відео для систем відеоспостереження;
- служба DHCP – служба автоматичного розподілу адресного простору.

Висновки до розділу 2

У другому розділі дипломної роботи, ми виконали пошук та порівняння технологій, які будуть використовуватися у мережі, був здійснений вибір найбільш ефективних технологій радіосегменту, в результаті чого були вибрані MIMO та MU-MIMO для покращення покриття, та якості зв'язку, використання технології хендоверу зумовлено безшовним перепідключенням абонентів, коли якість сигналу сусідньої точки доступу зменшується до низького рівня, та інша сусідня точка має більш високий рівень сигналу. Також буде використана технологія з рівнями SSID, це допоможе відокремлювати різні групи користувачів, та їх параметри. Згідно технологій радіосегменту були визначені стандарти 802.11, тобто Wi-Fi, на основі цього було обрано три стандарти, які максимально вписуються у структуру мережі, а саме 802.11g, 802.11n, 802.11ac. Вони підтримують всі важливі технології, які ми описали раніше, також ці стандарти відповідають потрібній пропускну здатності для використання всіх можливих категорій трафіку.

У ході роботи були визначені ієрархія мережі, яка складається з трьох основних рівнів, а саме: рівня ядра, розподілу та доступу. Це стандартна

ієрархія мережі, вона використовується в багатьох випадках великих, та не дуже мереж. Після вибору та опису ієрархії була створена структурна схема, та розглянуті моделі мережі та методи проходження трафіку, було встановлено що найбільш ефективною схемою розподілу трафіку та функцій мережі стала модель розподілу, функцію шлюза за замовченням якого виконує або маршрутизатор, або комутатор 3-го рівня, тобто обходячи основний трафік без проходження через WLAN контролер, це підвищує продуктивність мережі, до того ж WLAN контролер не стає вузьким місцем при проектуванні мережі.

Функціональна схема є логічним продовженням структурної схеми мережі, в ній ми розглянули протоколи та сервіси, які будуть допомагати використовувати основний функціонал мережі, також було визначено технології для фізичного підключення пристроїв, згідно структурної схеми, та розрахунку навантаження, потрібної пропускної здатності мережі. На основі цієї інформації були обрані інтерфейси та технології, а саме використання оптично-волоконних методів передачі даних на зовнішньому рівні маршрутизатора ядра, тобто router DMZ-out, та внутрішнього маршрутизатора ядра(router DMZ-in). Згідно можливих швидкостей передачі, а це приблизно 2Гбіт/с, як правило використовують універсальні модулі SFP, які підтримують різні методи передачі, як оптоволоконні, так і мідні, також забезпечують велику пропускну здатність, та гнучкість при переробці мережі. Інші більш низькі рівні мережі, будуть підключені через мідні кабелі, також використання мідних кабелів зумовлено технологією PoE, технології живлення кінцевих точок доступу, без використання зовнішніх блоків живлення. Для цього підходять стандарти Gigabit Ethernet 1000BASE-TX.

3 АПАРАТНИЙ СИНТЕЗ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

3.1 Вибір точок доступу та радіочастотне планування мережі

Вибір точок доступу зумовлений можливістю використання всім категоріям користувачів технологій, які ми описували раніше, також потрібно враховувати кількість користувачів, радіус дії, розташування самих точок доступу, можливість підключення декількох точок у кільце, підтримку технології PoE. Більшість точок та контролерів, від виробників працюють за своїми стандартами, та протоколами. Тому налаштування систем потребує використання як мінімум контролеру та бездротових точок доступу від одного виробника. В випадку з нашою мережею, буде використане обладнання від tp-link, налаштування яких буде більш наглядно продемонстровано, та буде представлено пізніше.

3.1.1 Вибір точок бездротового доступу

Для початку потрібно визначитись з точками доступу, які є в наявності у виробника, та будуть задовольняти своїми характеристиками, зробимо перелік та порівняння устаткування. Слід зауважити, що точки доступу будуть використані стельові, вони мають невеликі габарити, та не будуть заважати у інтер'єрі торгівельного центру, але у разі необхідності можна використовувати точки доступу і настінного формату.

Зробимо таблицю порівняння з основними характеристиками які нам потрібні:

Таблиця 3.1 – порівняльна характеристика різних моделей бездротових точок доступу

	Модель			
Характеристика	EAP265 HD	EAP245	EAP225	EAP223
Діапазон	2.4 GHz; 5 GHz	2.4 GHz (450 Mbps); 5 GHz (1300 Mbps)	2.4 GHz (450 Mbps); 5 GHz (867 Mbps)	2.4 GHz (450 Mbps); 5 GHz (867 Mbps)
Безшовний роумінг	Підтримує	Підтримує	Підтримує	Підтримує
Підтримка PoE	802.3af/at, Passive PoE	802.3af/at, Passive PoE	802.3af/at, Passive PoE	802.3af/at, Passive PoE
Кількість абонентів	500+	220+	Масштабується до великої кількості	Масштабується до великої кількості
Технологія MU-MIMO	Так	Так	Так	Так
Стандарти безпроводового зв'язку	IEEE 802.11ac/n/g/b/a	IEEE 802.11ac/n/g/b/a	IEEE 802.11ac/n/g/b/a	IEEE 802.11ac/n/g/b/a
Швидкість 2.4 ГГц	450 Mbps	450 Mbps	450 Mbps	450 Mbps
Швидкість 5 ГГц	1300 Mbps	1300 Mbps	867 Mbps	867 Mbps
Потужність передавача 2.4 ГГц	≤20 dBm (CE), ≤24 dBm (FCC)	≤20 dBm (CE), ≤27 dBm (FCC)	≤20 dBm (CE), ≤24 dBm (FCC)	≤20 dBm (CE), ≤24 dBm (FCC)
Потужність передавача 5 ГГц	≤23 dBm (CE), ≤24 dBm (FCC)	≤23 dBm (CE), ≤27 dBm (FCC)	≤23 dBm (CE), ≤22 dBm (FCC)	≤23 dBm (CE), ≤22 dBm (FCC)

Також, потрібно зауважити, що потужність точки доступу регламентується за стандартами для різних регіонів світу, тому у дужках до потужності передавача додані регіони.

CE (Conformité Européenne) і FCC (Federal Communications Commission) — це маркування, що вказує на відповідність продуктів вимогам безпеки, здоров'я та захисту навколишнього середовища, що встановлені в Європейському Союзі (CE) та Сполучених Штатах (FCC).

– CE: Це маркування вказує, що продукт відповідає вимогам Європейського Союзу та може вільно продаватися в Європейській економічній зоні. Це стосується виробів з певними стандартами безпеки, здоров'я та екологічності.

– FCC: Це маркування вказує, що електронні пристрої відповідають обмеженням, що стосуються радіочастотних перешкод, які можуть випромінюватися будь-яким електронним обладнанням у США. FCC перевіряє,

що електронні пристрої в США не впливатимуть негативно на роботу інших пристроїв через радіочастотні випромінювання.

В Україні регламентована потужність бездротових точок доступу для діапазону 2.4 ГГц становить близько 100 mW (20 dBm), також для 5ГГц це значення становить 200 mW (23 dBm), але може бути і вища, за умови використання технологій зменшення перешкод, таких як TPC (Transmit Power Control) та DFS (Dynamic Frequency Selection).

Згідно характеристик які наведені у таблиці, найбільш доцільним використовувати щось проміжне між двома крайніми, поки залишимо вибір на двох точках: EAP245, EAP225.

3.1.2 Радіочастотне планування мережі

Для розподілу точок бездротового доступу потрібно визначити їх розташування, в залежності від використання певної точки доступу залежить її радіус дії, також потрібно враховувати неоднорідність перешкод до та після точки доступу, наприклад, звичайна цеглова стіна може втрачати близько 8 dBm, а бетонна стіна може втрачати навіть 12 dBm сигналу. Це було враховано при побудові теплової схеми, яка наглядно буде демонструвати рівень сигналу в залежності від різних факторів, розташування, та перешкод. [4,13]

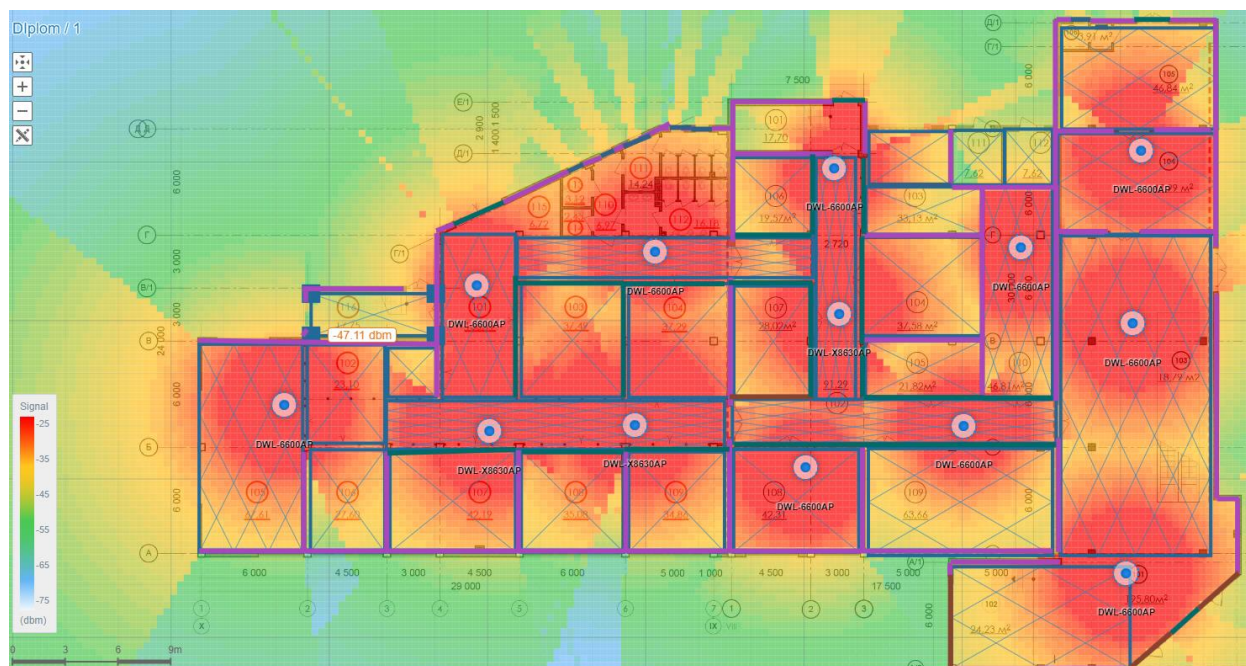


Рисунок 3.1 – Теплова схема першого розділу ТРЦ

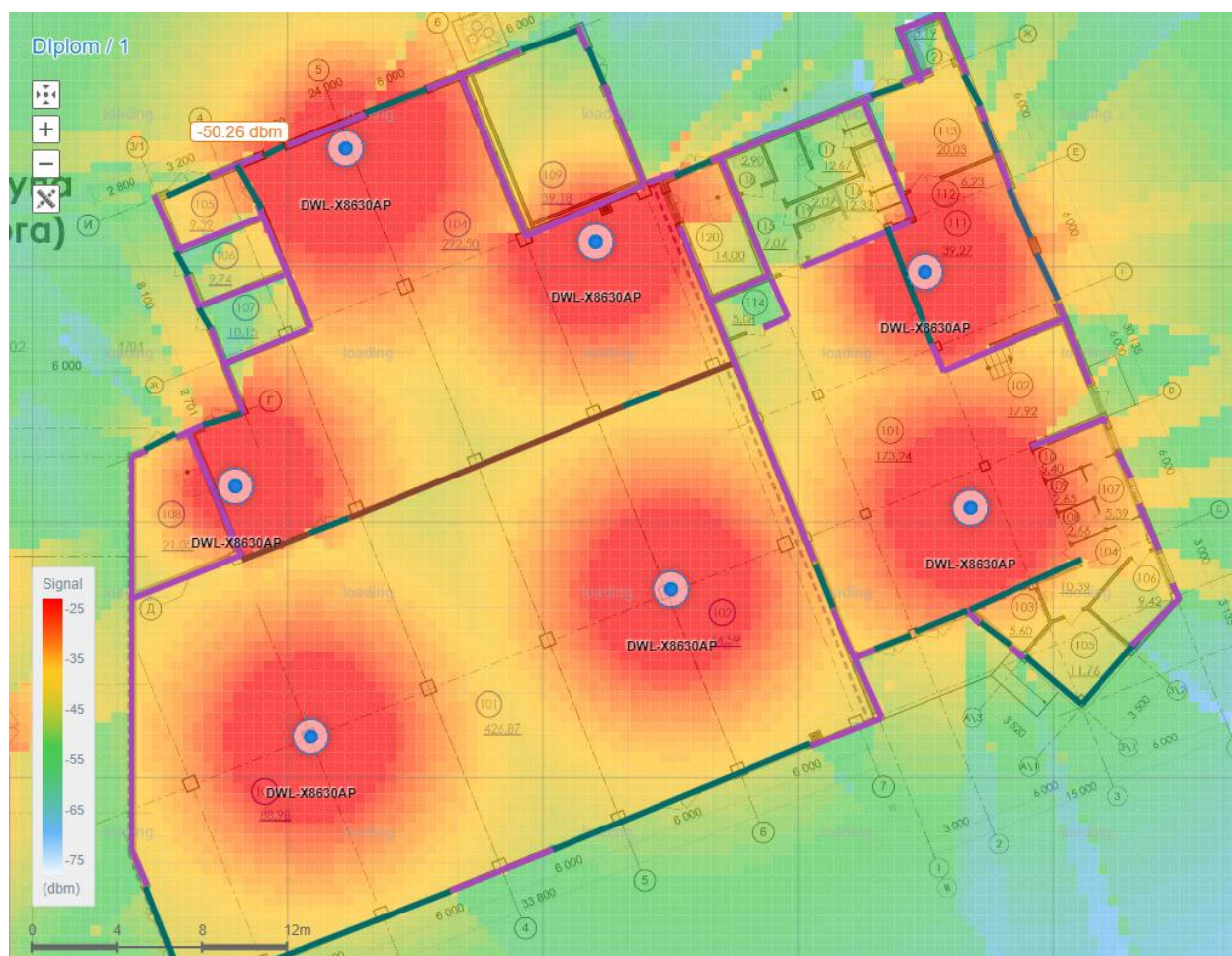


Рисунок 3.2 – Теплова схема другого розділу ТРЦ

Точки доступу були розташовані з розрахунком на те щоб у найвіддаленішій точці торгівельного центру якість сигналу становила $>60\text{dbm}$, такий розрахунок дав можливість наглядно продемонструвати зони покриття у ТРЦ. Також якість сигналу дуже сильно впливає на коректну роботу безшовного роумінгу тобто хендоверу. Таким чином можна сказати, що для використання у мережі для першого розділу потрібно не менш ніж 14 бездротових точок доступу, це дає нам подальшу інформацію для вибіру комутаторів розподілу.

Другий розділ має використовувати не менш ніж 6 точок доступу, це зумовлено великою площею підрозділів, у яких немає значних перешкод, на відміну від першого розділу, з великою кількістю підрозділів та перешкод між ними.

У якості точок доступу були використані аналогічні по характеристикам точки EAP245.

3.2 Вибір контролеру

Контролери бездротового доступу як правило є трьох типів:

- Хмарний (Cloud-based)
- Фізичний (Hardware-based)
- Програмний (Software-based)

Всі ці контролери мають переваги та недоліки, зробимо перелік основних з них:

Хмарний

Переваги:

- Масштабованість: Легко розширювати мережу, додаючи нові точки доступу без необхідності встановлення додаткового обладнання.
- Централізоване управління: Управління всією мережею здійснюється через хмарний інтерфейс, що забезпечує доступ з будь-якого місця з інтернет-з'єднанням.

- Зменшення витрат на обладнання: Немає потреби в капітальних інвестиціях у фізичні контролери.

- Автоматичні оновлення: Програмне забезпечення автоматично оновлюється провайдером хмарних послуг.

Недоліки:

- Залежність від інтернету: Для доступу до хмарного контролера необхідне стабільне інтернет-з'єднання.

- Приватність та безпека: Дані потрібно передавати через інтернет, що може викликати занепокоєння з приводу безпеки і приватності.

- Постійні витрати: Хмарні сервіси часто вимагають підписки з регулярними платіжками.

Фізичний

Переваги:

- Повний контроль: Користувачі мають повний контроль над обладнанням і налаштуваннями.

- Висока продуктивність: Фізичні контролери часто пропонують кращу продуктивність для великих і складних мереж.

- Безпека: Всі дані обробляються в межах локальної мережі, що забезпечує кращий контроль над безпекою.

Недоліки:

- Високі початкові витрати: Потрібно інвестувати у придбання та встановлення фізичного обладнання.

- Обмежена масштабованість: Додавання нових точок доступу може вимагати додаткових інвестицій у обладнання.

- Технічне обслуговування: Вимагає регулярного обслуговування та потенційних апгрейдів.

Програмний контролер.

Переваги:

- Гнучкість: Програмне забезпечення може бути встановлене на існуючі сервери або віртуальні машини, що дозволяє швидко налаштовувати та

змінювати конфігурацію.

- Масштабованість: Легше адаптувати мережу до змінних потреб, змінюючи лише програмне забезпечення.

- Вартість: Зазвичай дешевше, ніж фізичні контролери, особливо при великих масштабах.

Недоліки:

- Залежність від сервера: Ефективність роботи залежить від потужності сервера, на якому встановлено ПЗ.

- Технічна складність: Налаштування та управління програмним контролером може вимагати глибших технічних знань.

- Потенційні питання сумісності: Потребує уважного вибору програмного забезпечення, яке буде сумісне з існуючою мережевою інфраструктурою.[7]

В цілому вибір типу контролеру може бути зумовлений одним з цих факторів, для наглядності ми використаємо фізичний тип контролера, він має повний контроль над системою бездротової мережі та найвищу продуктивність, до того ж повністю автономний.

Вибір контролеру зумовлений використанням певних технологій, стандартів та моделі мережі. Згідно моделі мережі, яку ми розглядали у другому розділі можна зробити висновок, що кількість портів може бути будь-якої кількості, лише один порт Ethernet буде використаний для з'єднання з внутрішнім маршрутизатором ядра.

Для нашої мережі буде використаний Tr-Link ОС300, ця модель має два гігабітні порти Ethernet, може одразу керувати до 500 точок доступу, має можливість управляти L3. Головним аргументом при виборі контролера є підтримка специфічних стандартів кожного виробника, наприклад у Tr-Link це Omada, у інших виробників існують свої стандарти та протоколи для налаштування та злагодженої роботи мережі.[18]

3.3 Вибір комутаторів та маршрутизаторів

Згідно структурної схеми мережі потрібно визначитись з маршрутизаторами ядра, зовнішнього та внутрішнього. Вибір зовнішнього маршрутизатора зумовлений можливістю підтримки каналу зв'язку з пропускнуою здатністю не менш ніж 2Гбіт/с, для цього будемо використовувати оптичний канал передачі, маршрутизатори з такими характеристиками комплектуються роз'ємами для використання універсальних модулів прийому-передачі, такі як SFP, в нашому випадку пропускна здатність вища ніж підтримує стандартний SFP(1Гбіт/с), тому нам потрібно використовувати SFP+, він підтримує модулі з зазначеною пропускнуою здатністю до 10Гбіт/с, це нам цілком підходить, до цього ж є модулі з більш доцільною пропускнуою здатністю у 2,5Гбіт/с, кількість портів SFP+ потрібна не менш ніж два, тому що лінія передачі даних між внутрішнім і зовнішнім маршрутизаторами буде прокладена також з використанням оптичної лінії зв'язку. Також важливим буде підтримка сервісів NAT.

Для зазначених потреб ідеально підходить маршрутизатор Tp-Link ER8411[17], він підтримує всі стандарти та технології які нам потрібні для створення мережі, використання у ньому модулів з підтримкою SFP+ 10Гбіт/с, дозволяє при потребі легко масштабувати мережу у подальшому.



Рисунок 3.3 – Tp-Link ER8411

Перейдемо до вибору внутрішнього маршрутизатору ядра, для цього він повинен відповідати декільком вимогам, це як мінімум 8 гігабітних портів

LAN, та однією або декількома портами SFP, для оптичного під'єднання зовнішнього маршрутизатору ядра. Кількість портів LAN, зумовлена використанням в мережі, як мінімум чотирьох пристроїв, які будуть під'єднуватись через Gigabit Ethernet 1000BASE-X. Тому задля можливості апгрейду мережі в подальшому доцільно використати маршрутизатор з вільними портами для підключення. Цим вимогам відповідає TP-Link ER7212PC.[16]



Рисунок 3.4 – Tp-Link ER7212PC.

Він має 4 порти WAN Ethernet, які включають в себе 2 порти SFP, також 8 портів підключення RJ45 LAN, для роботи локальної мережі.

Комутатори рівня розподілу мають бути сумісні з системою Omada від Tp-Link, також одним з важливих факторів є можливість комутації не менш ніж 12 портів, так як ми розраховували раніше, на перший розділ ТРЦ потрібно 12 точок доступу, цим зумовлена кількість портів у комутаторі, до того повинно враховувати, що комутатор повинен підтримувати PoE на кожному з портів, таким вимогам відповідає Tp-Link TL-SG2218P.



Рисунок 3.5 – Tp-Link TL-SG2218P

Він підтримує 16 портів з використанням PoE, це цілком задовольняє вимогам, які були розраховані раніше, також потрібно зазначити, що порти повинні мати гігабітний інтерфейс, для використання всіх можливостей системи, та не бути вузьким місцем на рівні розподілу, мережа повинна працювати з максимальною продуктивністю, та мінімальною кількістю помилок.[19]

Сервер БД буде складатись з професійного устаткування у якості якого буде робоча станція DELL Precision T7810, вона цілком підходить для використання, як сервер БД, та сервер для обміну файлів. Має можливість встановлення великого об'єму запам'ятовуючих пристроїв, та апгрейду при потребі.

3.4 Побудова СКС

Побудова структурованої кабельної системи(СКС) повинна включати в себе організацію пасивного устаткування, тобто устаткування, яке буде дозволяти правильно розподілити всі компоненти мережі між собою, структура такої системи насамперед визначається розташуванням активного устаткування. Згідно теплової схеми плану будівлі, можна приблизно розуміти розташування основних компонентів мережі, кабельних мереж, та основної стійки де буде розміщено активні компоненти. [9]

Структура повинна включати в себе наступне обладнання:

- кабелі кручена пара;
- оптичні кабелі;
- комутаційні панелі та патч-корди – мідні;
- комутаційні панелі та патч-корди – оптичні;
- монтажні шафи.

Побудуємо план розташування пасивного устаткування

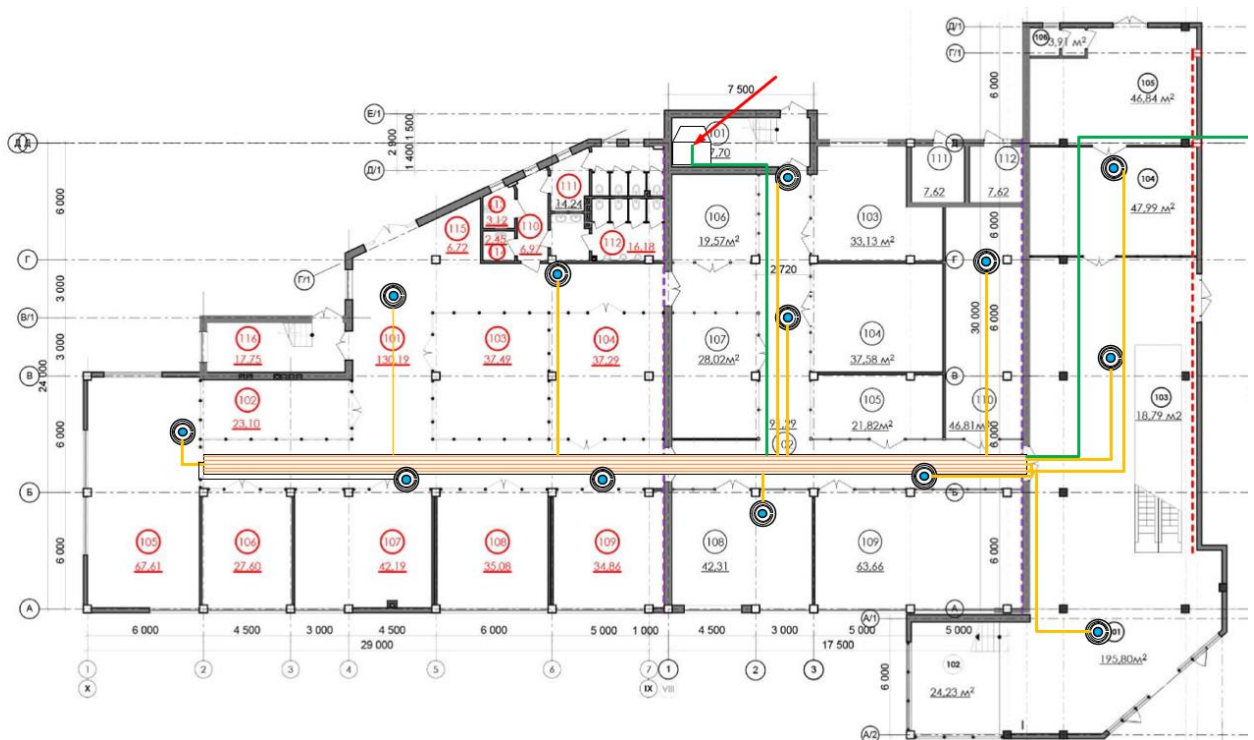


Рисунок 3.6 – План розподілу СКС першого підрозділу ТРЦ.

На рис. 3.5 продемонстрований план розподілу СКС першого підрозділу ТРЦ, він в себе включає дві шафи для обладнання, в яких будуть розташовані маршрутизатори, комутатори та контролер WLAN. Красною стрілкою показано місце розташування так званої апаратної кімнати, в якій і буде розташоване все обладнання, також у другій шафі буде встановленні сервера БД та файлового обміну.

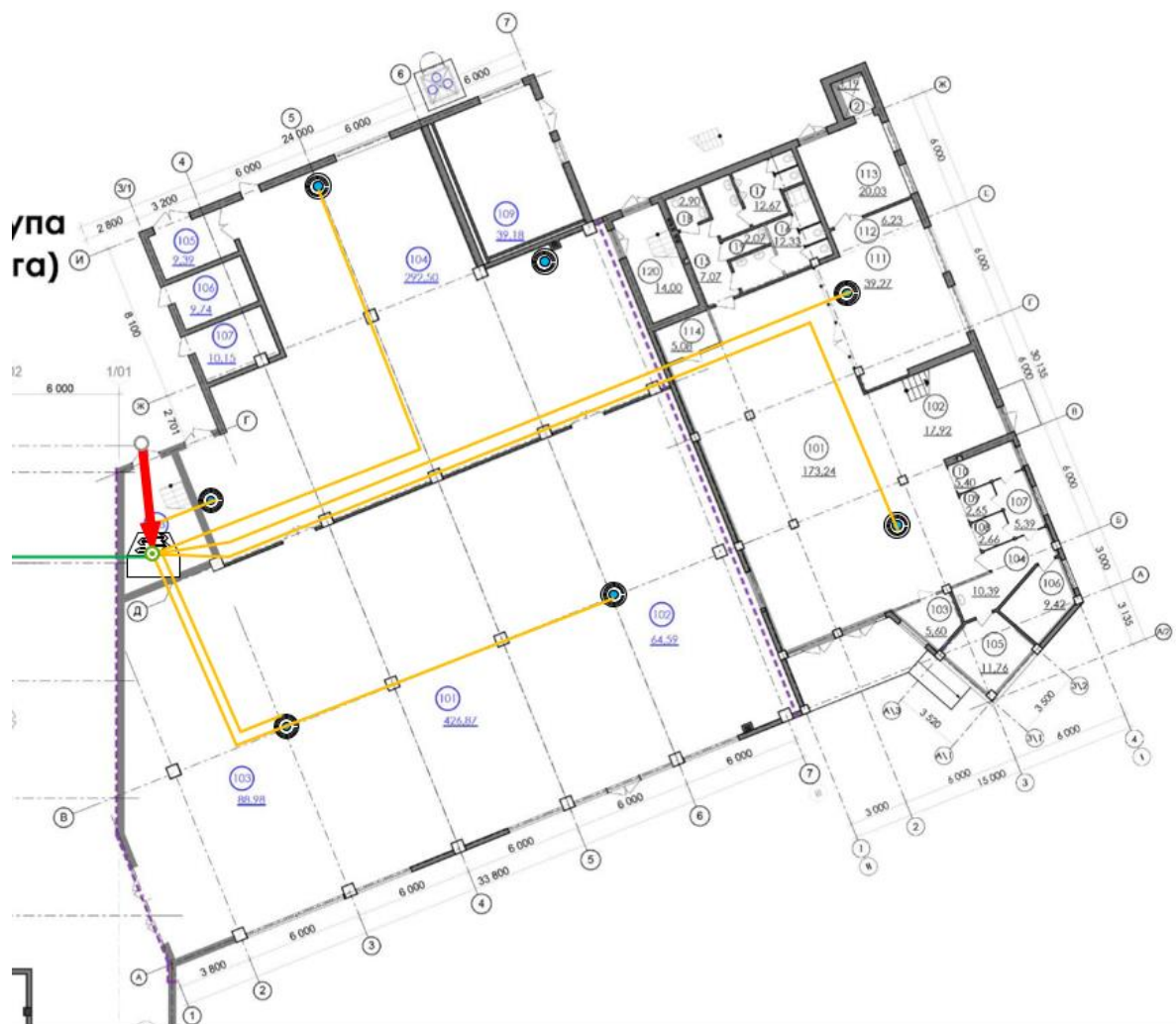


Рисунок 3.7 – План розподілу СКС другого підрозділу ТРЦ.

На рис. 3.6 зображений план розподілу СКС другого підрозділу ТРЦ, красною стрілкою позначений відділ де буде розташована шафа для обладнання.

Після побудови схеми, можна підвести підсумки та підрахунки необхідних матеріалів для установки обладнання, та кабельних систем.

Таблиця 3.2 – Перелік пасивного устаткування

Тип	Кількість
Кабель кручена пара кат. 5е	600 м
Кабель оптичний багатомодовий	30 м
Патч-панель кат.5е	3
Патч-корд кат.5е	20
Шафа телекомунікаційна	3

Згідно плану було визначено що найдовша ланка кручених пари становить 64.3м, з невеликим залишком 70м. Можна вважати, що лінії будуть працювати на найкращих умовах, тому як критична довжина мідної крученої пари становить близько 100м.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі проведено апаратний синтез та вибір обладнання для побудови мережі, у ході виконання було визначено реального виробника від якого будемо відштовхуватись, таким чином був обраний Tr-link, насамперед вибір був зроблений чисто з міркувань наглядної демонстрації, система може працювати з обладнанням і іншого виробника. У ході вибору обладнання були порівняні точки доступу та визначені їх характеристики(EAP245), призначений контролер бездротових мереж(OC300), маршрутизатори внутрішні(Tr-Link ER8411) та зовнішні(Tr-Link ER7212PC), та комутатори розподілу(. На основі характеристик точок доступу побудована теплова карта, яка наочно демонструє розташування точок та рівень сигналу.

Зроблений аналіз пасивного устаткування, та проведений його розподіл на плані ТРЦ, також визначено кількість потрібного устаткування та його характеристики.

4 IP-ПРОЕКТУВАННЯ

4.1 Розподіл адресного простору та вимоги щодо безпеки та логічного поділу мережі

Після визначення всіх компонентів мережі, потрібно розподілити адресний простір між різними групами користувачів та категоріями трафіку. Мережа ТРЦ повинна забезпечувати всі потреби адміністрації, файлового обміну, доступу до серверу БД, та вільного доступу до Інтернет, телефонного зв'язку, орендатори будуть мати практично теж самий спектр потреб що і адміністрація, доступ до мережі Інтернет надається також і до відвідувачів.

Мережа має бути прозора для зовнішніх підключень, також і бути захищена від несанкціонованого доступу.

Як було зазначено раніше, у мережі будуть представлені такі типи інформаційних сервісів:

- доступ до мережі Інтернет;
- доступ до БД;
- доступ до файлового серверу;
- аудіо-відео зв'язок;

Зробимо перелік термінального устаткування для кінцевих користувачів представлене для використання інформаційних послуг:

- абонентські пристрої відвідувачів;
- робочі станції співробітників ТРЦ
- орендні площі

Всі користувачі умовно розподілені на категорії:

- адміністрація
- орендатори
- відвідувачі

Всі групи об'єднані в єдину інфраструктуру, потрібно не тільки

встановити устаткування, а також провести необхідне налаштування для нього. З необхідного, потрібно налаштувати служби VLAN, NAT, DHCP також зробити ACL. Щоб провести весь потрібний спектр налаштувань, спершу слід визначити склад віртуальних підмереж (VLAN) та розподілити адресний простір між ними.

Виходячи з проведеного опису та розробленої інформаційної моделі, визначеною кількістю абонентів був визначений необхідний адресний простір та склад віртуальних підмереж.

Таблиця 4.1 – Розподіл адресного простору між VLAN

ID VLAN	Назва VLAN	Кількість	Адреса мережі	Маска	
100	Admin	12	10.0.0.0	255.255.255.224	/27
200	Orenda	70	10.0.0.128	255.255.255.128	/25
300	Client	1100	10.0.8.0	255.255.248.0	/21

Потрібно визначити вимоги до кожної з груп, тобто зробити таблицю доступу до ресурсів мережі для різних класів трафіку, та їх обмежень

Таблиця 4.2 – Таблиця обмежень прав в користуванні сервісів мережі

Клас обслуговування	Мережний ресурс		
	Інтернет	База даних	Файл-сервер
ADMIN	+	+	+
ORENDA	+	+	+
CLIENT	+	-	-

Для логічної структуризації мережі можна використовувати декілька підходів, вони базуються на використанні унікального адресного простору для кожної з груп устаткування, відокремленні груп устаткування в різні логічні сегменти засобами VLAN, накладенні списків обмеження доступу ACL при підключенні груп устаткування через комутатори до відокремлених

віртуальних підмереж.

Для побудови мережі буде створено декілька віртуальних підмереж, в кожній з яких буде використаний окремий адресний простір. Ключовим елементом, який буде займатися питаннями обмеження доступу виступає маршрутизатор, також на ньому буде організована служба автоматичного розподілу адресного простору DHCP.

Також налаштуємо політику QoS, тобто обмеження в використанні швидкостей для мережі, така політика запобігає перевантаженню системи, та допомагає правильно керувати системою на різних рівнях. [11,2]

4.2 Побудова моделі та проведення основних налаштувань

Для наглядної демонстрації роботи мережі змодельуємо модель мережі у програмі емуляторі – Cisco Packet Tracer, для цього вона ідеально підходить. На рисунку 4.2 продемонстрована імітаційна схема моделі мережі яка проектується, задля спрощення налаштування побудуємо лише основну частину.[11]

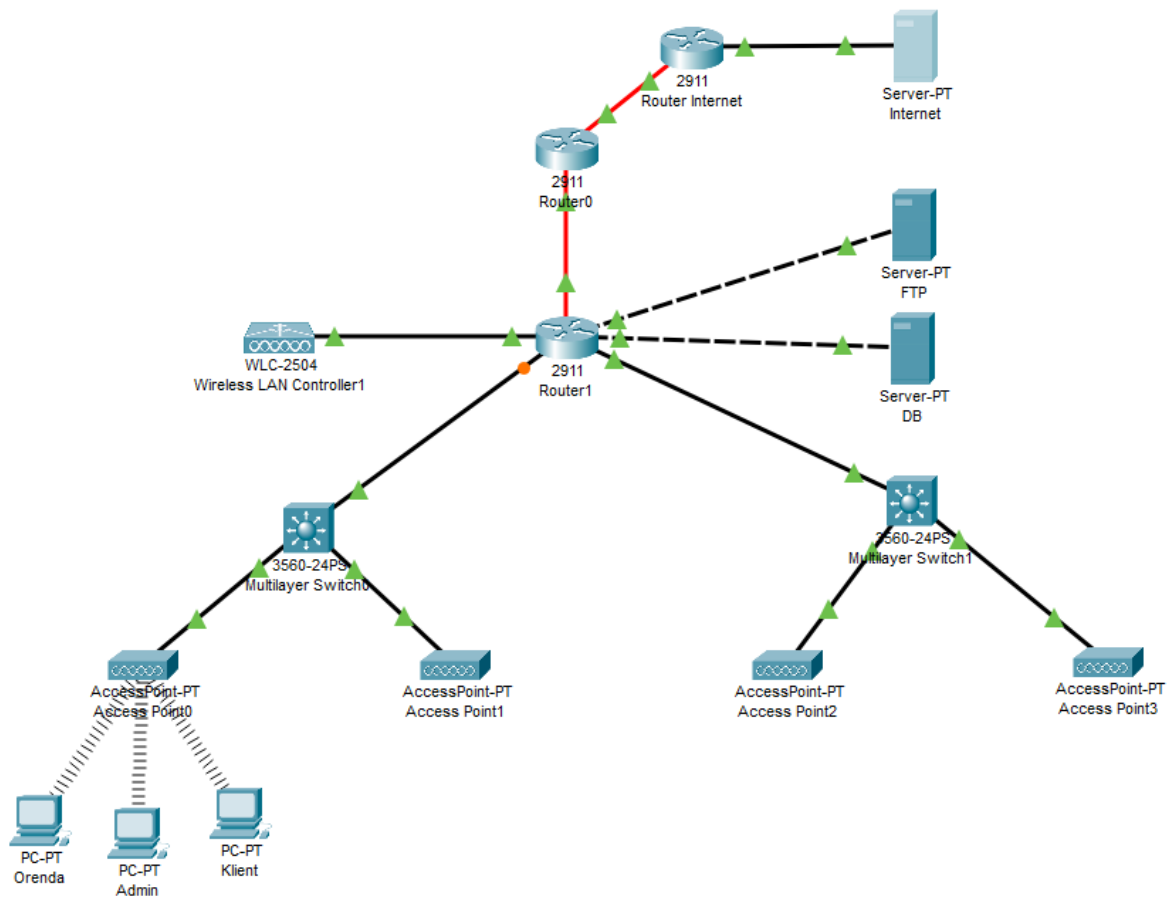


Рисунок 4.1 – Імітаційна схема мережі

Перейдемо до налаштування системи, для цього використовується консольний інтерфейс обладнання, яке є в мережі.

Налаштування VLAN і субінтерфейсів на Router 1:

```
interface GigabitEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
interface GigabitEthernet0/0.100
encapsulation dot1Q 100
ip address 10.0.0.1 255.255.255.224
no shutdown
interface GigabitEthernet0/0.200
encapsulation dot1Q 200
ip address 10.0.0.129 255.255.255.128
no shutdown
interface GigabitEthernet0/0.300
encapsulation dot1Q 300
ip address 10.0.8.1 255.255.248.0
no shutdown
```

Налаштування DHCP на Router1

```
ip dhcp pool ADMIN
  network 10.0.0.0 255.255.255.224
  default-router 10.0.0.1

ip dhcp pool ORENDA
  network 10.0.0.128 255.255.255.128
  default-router 10.0.0.129

ip dhcp pool CLIENT
  network 10.0.8.0 255.255.248.0
  default-router 10.0.8.1
```

Налаштування транкових і доступних портів на комутаторах

```
interface FastEthernet0/1
  switchport mode access
  switchport access vlan 100

interface FastEthernet0/2
  switchport mode access
  switchport access vlan 200

interface FastEthernet0/3
  switchport mode access
  switchport access vlan 300

interface GigabitEthernet0/1
  switchport mode trunk
  switchport trunk allowed vlan 100,200,300
```

Налаштування NAT на Router

```

interface GigabitEthernet0/0
 ip address 192.168.1.2 255.255.255.240
 ip nat outside
 duplex auto
 speed auto

interface GigabitEthernet0/0.100
 ip nat inside

interface GigabitEthernet0/0.200
 ip nat inside

interface GigabitEthernet0/0.300
 ip nat inside

ip access-list standard NAT_ACL
 permit 10.0.0.0 0.0.255.255

ip nat inside source list NAT_ACL interface GigabitEthernet0/0 overload

```

Налаштування ACL на Router1

```

ip access-list extended Allow-Tenant-FTP
 permit icmp any any
 permit tcp 10.0.0.128 0.0.0.127 host 10.0.0.130 eq ftp
 deny ip any any

interface GigabitEthernet0/0.200
 ip access-group Allow-Tenant-FTP in

```

Конфігурація для FTP сервера:

Налаштування IP адреси на FTP сервері:

FTP сервер має наступні налаштування:

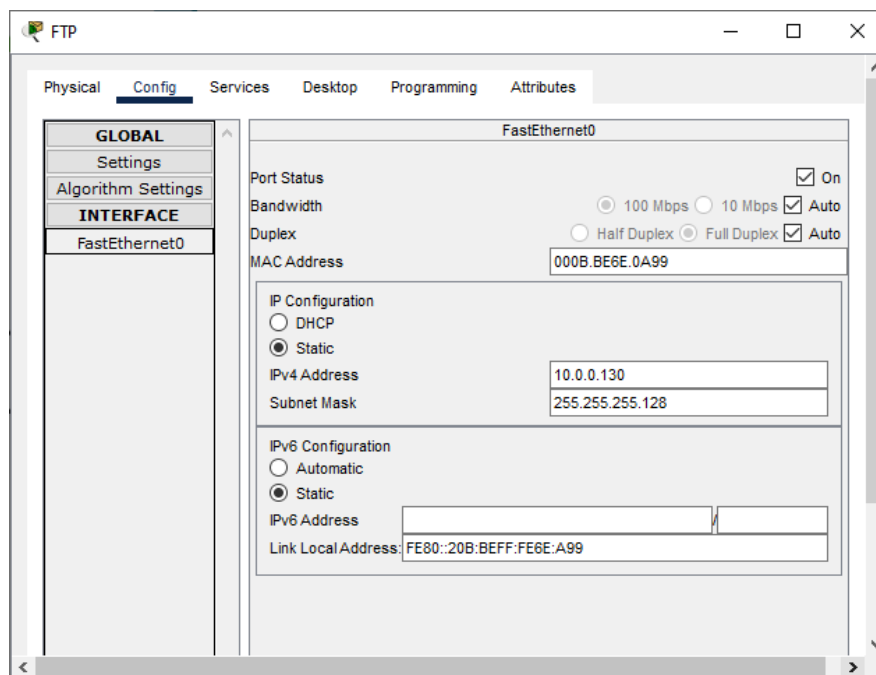


Рисунок 4.1 – Налаштування FTP серверу

IP-адреса: 10.0.0.130

Маска підмережі: 255.255.255.128

Шлюз за замовчуванням: 10.0.0.129

Конфігурація для DB сервера

Налаштування IP адреси на DB сервері:

DB сервер має наступні налаштування:

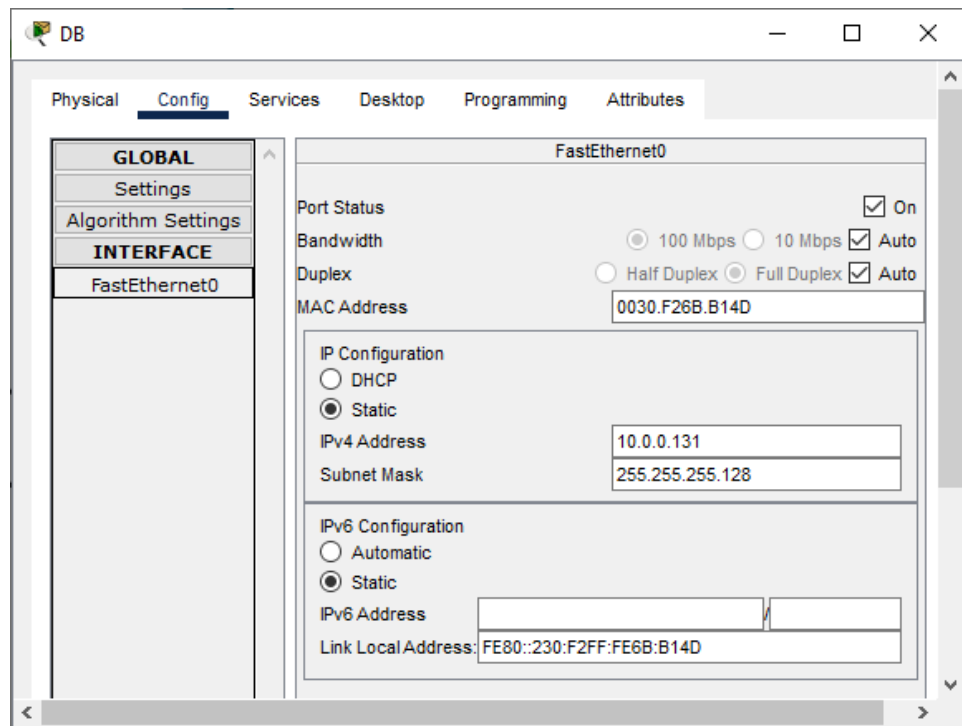


Рисунок 4.2 – Налаштування IP адреси на DB сервері

IP-адреса: 10.0.0.131

Маска підмережі: 255.255.255.128

Шлюз за замовчуванням: 10.0.0.129

Створення класів трафіку:

Класи трафіку використовуються для ідентифікації трафіку, який потрібно класифікувати для QoS. Наприклад, ви можете класифікувати трафік за IP-адресами сервера, адміністраторів та клієнтів.

```
class-map match-any SERVER
match access-group name SERVER_TRAFFIC

class-map match-any ADMIN
match access-group name ADMIN_TRAFFIC

class-map match-any TENANT
match access-group name TENANT_TRAFFIC

class-map match-any CLIENT
match access-group name CLIENT_TRAFFIC
```

Створення списків доступу для ідентифікації трафіку:

Списки доступу (ACL) допомагають визначити, який трафік потрапляє до кожного класу.

```
ip access-list extended SERVER_TRAFFIC
permit ip host 10.0.0.130 any
ip access-list extended ADMIN_TRAFFIC
permit ip host 10.0.0.129 any
ip access-list extended TENANT_TRAFFIC
permit ip host 10.0.0.129 any
ip access-list extended CLIENT_TRAFFIC
permit ip any any
```

Створення політики обмеження швидкості:

Для кожної категорії можна створити політику, яка обмежить пропускну здатність.

```
policy-map QOS_POLICY
class SERVER
police cir 100000000 8000 exceed-action drop
```

100 Mbps для сервера

```
class ADMIN
police cir 100000000 8000 exceed-action drop
```

100 Mbps для адміністраторів

```
class TENANT
police cir 40000000 8000 exceed-action drop
```

40 Mbps для орендарів

```
class CLIENT
police cir 100000000 8000 exceed-action drop
```

10 Mbps для клієнтів

На цьому налаштування можна вважати завершеним, після налаштування мережі потрібно переконатися у правильній роботі мережі, це дуже просто.

4.3 Перевірка налаштування мережі

Потрібно зробити перевірку роботи служби DHCP:

```
Router1#sh ip dhcp binding
IP address      Client-ID/      Lease expiration      Type
                Hardware address
10.0.0.2         000A.F332.8A16   --                     Automatic
10.0.0.3         0001.43E5.1A59   --                     Automatic
10.0.0.4         00D0.FF99.980D   --                     Automatic
10.0.0.5         00E0.8FD9.C771   --                     Automatic
10.0.0.66        00D0.589A.47AB   --                     Automatic
10.0.0.67        0002.4A43.6678   --                     Automatic
10.0.0.68        0002.162A.0D8B   --                     Automatic
10.0.0.69        0002.4AA4.1E05   --                     Automatic
10.0.0.130       000D.BD91.C8A6   --                     Automatic
10.0.0.131       0050.0F76.3670   --                     Automatic
10.0.0.132       00D0.97B2.AB39   --                     Automatic
10.0.0.133       0001.9796.1954   --                     Automatic
10.0.1.2         00D0.FF4A.221A   --                     Automatic
10.0.1.3         0006.2A64.B492   --                     Automatic
10.0.1.4         00D0.5811.6C79   --                     Automatic
10.0.1.5         0060.3ED8.EB08   --                     Automatic
10.0.2.2         0005.5EA8.1153   --                     Automatic
10.0.2.3         00D0.58E4.8999   --                     Automatic
10.0.2.4         00D0.5894.64C5   --                     Automatic
10.0.2.5         0030.F2D6.22CA   --                     Automatic
10.0.3.2         0060.479C.B55A   --                     Automatic
10.0.3.3         0090.2122.494B   --                     Automatic
10.0.3.4         0060.3E52.7206   --                     Automatic
10.0.3.5         000C.8531.9763   --                     Automatic
192.168.0.2      0090.219D.7466   --                     Automatic
192.168.0.3      0005.5E3D.7DCD   --                     Automatic
192.168.0.4      0001.C7E1.C392   --                     Automatic
192.168.0.5      000C.8590.EB6B   --                     Automatic
192.168.0.7      0090.21E8.E38A   --                     Automatic
192.168.0.8      0060.5CD4.9160   --                     Automatic
192.168.0.9      00D0.58EE.87B8   --                     Automatic
192.168.0.10     0060.706B.EA45   --                     Automatic
```

Для перевірки скористаємося простим способом, пропінгуємо трафік між клієнтом, орендатором та адміністратором та сервером FTP, так як всі групи користувачів мають доступ до зовнішньої мережі Інтернет ми не будемо перевіряти цей напрямок. А ось сервера бази даних та файлового обміну потрібно відмежувати від клієнтів, для цього з різних комп'ютерів протестуємо проходження трафіку:

```
C:\>ping 10.0.0.130

Pinging 10.0.0.130 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 10.0.0.130: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.0.0.130: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.0.0.130: bytes=32 time<1ms TTL=127
```

Рисунок. 4.3 – Пінг з пристрою адміністрації до серверу FTP

```
C:\>ping 10.0.0.130

Pinging 10.0.0.130 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 10.0.0.130: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.0.0.130: bytes=32 time<1ms TTL=127
Reply from 10.0.0.130: bytes=32 time<1ms TTL=127
```

Рисунок. 4.4 – Пінг з пристрою орендатора до серверу FTP

```
C:\>ping 10.0.0.130

Pinging 10.0.0.130 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
```

Рисунок. 4.5 – Пінг з пристрою клієнта до серверу FTP

Таким чином, як бачимо на рис 4.3, та 4.4 адміністрація та орендатори мають повний доступ до серверу, а ось на рис 4.5 – такого не відбувається, тому що категорія клієнтів не знаходиться в списках доступу до цього сервісу.

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі дипломної роботи було виконано імітаційне моделювання роботи IP-мережі. Створено план та схему для розподілу IP-адресного простору всередині мережі. Для сегментації активних елементів мережі застосовувалася технологія VLAN, число яких збігається з кількістю

сегментів в інформаційній моделі. Модель мережі була створена в програмі Cisco Packet Tracer, де було налаштовано віртуальні підмережі VLAN, службу DHCP для автоматичного розподілу IP-адрес, службу NAT для трансляції адрес, а також стандартні списки доступу ACL. Також проведено роботу для запобігання перевантаження системи за допомогою керування пропускнуою здатністю для різних груп клієнтів – налаштований QoS.

ВИСНОВКИ

Бездротові мережі зараз охоплюють весь світ, їх інтеграція у різні куточки нашого життя покращує та полегшує її, швидкісний доступ до Інтернету, баз даних, та файлового обміну, без конкретної прив'язки до місця перебування.

У ході виконання дипломної роботи, було повністю проведено розробку телекомунікаційної мережі бездротового доступу, для великого об'єкту, такого як ТРЦ “Gray Plaza”.

У першому розділі було зроблено аналіз об'єкту та кількісний розподіл між користувачами, абонентський склад, сервіси, які будуть використовувати клієнти, серед них файловий обмін, аудіо-відео зв'язок, було зроблено порівняння та приблизний підрахунок вимог до кожного з сервісів. На основі цих даних був зроблений розрахунок навантаження на мережу

Друга глава дала розуміння структури мережі, її ієрархії, структурної схеми та в кінці функціональної, були розглянуті різні моделі мережі, які визначали кінцевий вигляд всієї мережі, та її основних компонентів.

В третьому розділі проведено апаратний синтез та вибір обладнання для побудови мережі, у ході виконання було визначено реального виробника від якого будемо відштовхуватись, таким чином був обраний Tr-link, насамперед вибір був зроблений чисто з міркувань наглядної демонстрації, система може працювати з обладнанням і іншого виробника. У ході вибору обладнання були порівняні точки доступу та визначені їх характеристики, призначений контролер бездротових мереж, маршрутизатори внутрішні та зовнішні, та комутатори розподілу. На основі характеристик точок доступу побудована теплова карта, яка наглядно демонструє розташування точок та рівень сигналу.

Зроблений аналіз пасивного устаткування, та проведений його розподіл на плані ТРЦ.

Четверта глава була націлена на розподіленню адресного простору,

визначення обмежень у правах користування для різних груп користувачів, використання після цього було проведено налаштування системи у середовищі для емуляції реального устаткування Cisco Packet Tracer та показано алгоритм налаштування. В кінці розділу проведено невелика перевірка системи на працездатність, для переконання у роботі основних функцій мережі.

Розроблена система надає можливість використання різноманітних послуг локальної та зовнішньої мережі Інтернет з впровадженням бездротових технологій, як єдину систему комунікацій, яка має бути мобільною, швидкою для розгортання, налаштування та подальшої модернізації при необхідності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаюк Д. О. Проектування корпоративної телекомунікаційної мережі на базі технології Wi-Fi : кваліфікаційний проект бакалавра : 172 Телекомунікації та радіотехніка / Д. О. Шаюк ; Хмельниц. нац. ун-т. – Хмельницький, 2021. – 67 с.
2. Кваліфікаційна робота «Моделювання безпроводних мереж і ефективна організація користувацьких потоків / Wireless networks modelling and effective organization of user flows» / МОСПАНКО Олег Анатолійович, Тернопіль – 2020, 23, 40, 104с.
3. Аналіз параметрів бездротової мережі Wi-Fi готельного комплексу URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/07e75a44-2dde-4a73-9cc2-cb1fac402a38/content> (дата звернення: 14.04.2024).
4. Модель системи WI-FI в мережі з урахуванням перешкодової обстановки. URL: <https://openarchive.nure.ua/bitstreams/8cd36942-1a60-4585-95b2-e2f7d940bfde/download> (дата звернення: 27.05.2024).
- 5 Lee, JS "A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi "/ JS Lee, YW Su, CCA Shen // Industrial Electronics Society, 2007. IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE. - IEEE, 2007. - С.46-51.
6. How to build a Wireless Network for Shopping Mall using tp-link products URL: <https://www.tp-link.com/us/support/faq/1231/> (Дата звернення 22.05.2024)
7. Методичні рекомендації до курсового проекту за курсом "Проектування засобів та систем телекомунікаційних мереж" для студентів заочної форми навчання по спеціальності 7.091402 "Телекомунікаційні системи та мережі" / Укл.: доц.. Дегтяренко І.Б. - Донецьк: ДонНТУ, 2007.- 43 с.
8. Адміністрування інформаційних систем. Комп'ютерні мережі: методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт [Електронний ресурс] / [уклад. В.С. Домбровський, О.В. Сергієнко]; Державний вищий навчальний заклад «Українська академія банківської справи Національного банку України». – Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2012 – 60 с.

9. Царьов Р.Ю. Структуровані кабельні системи: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. / Царьов Р.Ю., Нікітюк Л. А., Резніченко П. І. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2013. – 260 с.: іл.

10. НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК Для самостійної роботи з дисципліни «Проектування інфокомунікаційних мереж» / Тарбаєв С.І., Домрачева К.О., Заїка В.Ф., Трембовецький М.П., 2019. – 84, 118 с.

11. Вишневський, В.М. Широкосмугові бездротові мережі передачі інформації / В.М. Вишневський, А.І. Ляхов, С.Л. Кравець, І.В. Шахнович // М.: Техносфера, 2005. - 591с.

12. Проектування мереж WiFi за допомогою D-Link WiFi Planner URL: <https://ua5.org/lan/1472-proektuvannya-merezh-wifi-za-dopomogoyu-d-link-wifi-planner.html> (дата звернення: 02.06.2024).

13. Gerla, M. Landmark Routing for Large Ad Hoc Wireless Networks / M. Gerla, X. Hong, and G. Pei // Proc. IEEE GLOBECOM. 2000. -№11

14. Беделл, П. "Мережі. Бездротові технології" / П. Беделл // М.: НТ Пресс, 2008. - 448с

15. Джим, Г. Бездротові мережі. Перший крок (Cisco) / Джим Гейер // М.: Вільямс, 2005. - 192 с.

16. Технічний опис обладнання Tp-link ER7212PC URL: <https://www.tp-link.com/uk-ua/business-networking/omada-router-integrated-router/er7212pc/#specifications> (дата звернення: 09.06.2024).

17. Технічний опис обладнання Tp-Link ER8411 URL: <https://www.tp-link.com/uk-ua/business-networking/omada-sdn-router/er8411/> (дата звернення: 09.06.2024).

18. Технічний опис обладнання Tp-Link OC300 URL: <https://www.tp-link.com/uk-ua/business-networking/omada-sdn-controller/oc300/> (дата звернення: 09.06.2024).

19. Технічний опис обладнання Tp-Link TL-SG2218P URL: <https://www.tp-link.com/ru/business-networking/smart-switch/tl-sg2218p/> (дата звернення: 09.06.2024).

ДОДАТОК А

Охорона праці, безпека в надзвичайних ситуаціях

А.1 Характеристика умов праці

Об'єктом дослідження є телекомунікаційна мережа торговельного центру, що включає в себе мережеві пристрої, сервіси, пасивне устаткування. Сектор складу компанії займається вирішенням технічних питань, пов'язаних з роботою мережі, проблем користувачів мережі (як апаратним, так і програмним забезпеченням). Співробітники цього відділу працюють з комп'ютерним обладнанням, таким як ноутбуки або стаціонарні персональні комп'ютери.

Основними шкідливими факторами, зв'язаними з роботою на ПК є:

- напруга зорових органів та пов'язане з цим стомлення, захворювання і побічні ефекти;

- значне навантаження на пальці та кисті рук, що при відсутності профілактики та медичного контролю можуть викликати професійні захворювання;

- тривале перебування в одній і тій самій позі, що викликає застійні явища в організмі, та може сприяти різним захворюванням;

- випромінювання різного виду при використанні відеомоніторів на електронно-променевих грубках (м'яке рентгенівське випромінювання, ультрафіолетове випромінювання, видиме випромінювання, інфрачервоне випромінювання, низько і високочастотне електромагнітне випромінювання, електростатичні полюси);

- механічні шуми, що пов'язані з роботою електронно-механічного друкуючої пристрою (принтера), вентиляторів системи

- охолодження, приводів читання CD та DVD дисків та вібрація; іонізація повітря;

- наявність шкідливих хімічних речовин.

Дослідження науково-дослідного інституту гігієни праці та професійних захворювань виявили зміни у функціональному стані зорового аналізатора у спеціалістів, які працюють з відеотерміналами, після чотирьох годин роботи.

Професійні захворювання при роботі з персональним комп'ютером:

-комп'ютерний зоровий синдром. Вплив роботи з монітором зазвичай залежить від віку користувача, від стану зору, а також від інтенсивності роботи з дисплеєм та організації робочого місця. В результаті тривалої роботи дуже великий ризик появи, або прогресивності вже наявної короткозорості.

-проблеми, що пов'язані з м'язами і суглобами. Нерухома напружена поза оператора, протягом тривалого часу прикутого до екрану монітора, призводить до втоми і виникнення болю в хребті, шийі, плечових суглобах, а також розвивається м'язова слабкість і відбувається зміна форми хребта. Інтенсивна робота з клавіатурою викликає больові відчуття в ліктьових суглобах, передпліччях, зап'ястях, в кистях і пальцях рук. Зазвичай присутні скарги на оніміння шийі, біль у плечах і попереку або поколювання в ногах. Але бувають, проте, і більш серйозні захворювання. Найбільш поширений кистьовий тунельний синдром, при якому нерви руки пошкоджуються внаслідок частої і тривалої роботи на комп'ютері. У найбільш важкій формі цей синдром проявляється у вигляді болісних відчуттів, що позбавляють людину працездатності.

-синдром комп'ютерного стресу. Постійні користувачі ПК зазвичай піддаються психологічним стресам, функціональних порушень центральної нервової системи, хвороб серцево- судинної системи.

-вплив на імунну систему. При впливі електромагнітного випромінювання (ЕМВ) порушуються процеси імуногенезу, опромінених ЕМВ, змінюється характер інфекційного процесу – протягом інфекційного процесу обтяжується. ЕМВ можуть сприяти неспецифічному пригнічення імуногенезу, посилення утворення антитіл до тканин плоду і стимуляції аутоімунної реакції в організмі вагітної самки.

-вплив на ендокринну систему і нейрогуморальну реакцію. При дії ЕМВ,

як правило, відбувається стимуляція гіпофізарно- адреналінової системи, що супроводжується збільшенням вмісту адреналіну в крові, активацією процесів згортання крові.

-вплив на статеву функцію. Порушення статевої функції зазвичай пов'язані зі зміною її регуляції з боку нервової та нейроендокринної систем.

Симптоми захворювання різноманітні та численні. Зазвичай виявлення одного симптому мало ймовірно, оскільки всі функціональні органи людини взаємопов'язані.

1. Фізичні нездужання: сонливість, непроходяча втома; головний біль після роботи; болі в нижній частині спини, в ногах, відчуття поколювання, оніміння, болі в руках; напруженість м'язів верхньої частини тулуба.

2. Захворювання очей: відчуття гострого болю, печіння, свербіння.

3. Порушення візуального сприйняття: неясність зору, яка збільшується протягом дня; виникнення подвійного зору.

4. Погіршення зосередженості і працездатності: зосередженість досягається за працею; дратівливість під час і після роботи; повітря робочої точки на екрані; помилки при друкуванні.

A.2 Вимоги до виробничих приміщень

До приміщення офісу та організації робочого місця з урахуванням шкідливих виробничих факторів пред'являється низка вимог. Приміщення з робочими місцями для ПК повинно мати природне освітлення, бажано з одnobічним розміщенням вікон, площа скління яких не повинна перевищувати 25% від площі стіни з вікнами. Вікна повинні мати регульовані жалюзі чи завіски або інші сонцезахисні пристрої. Розміщення робочих місць з ПК у підвальних та цокольних поверхах не допускається. Робочі місця з ПК рекомендується розміщувати в окремих приміщеннях. Площа на одного працюючого з ПК повинна складати 6 м², а об'єм – 20 м³.

Неприпустиме розташування ПК так, щоб користувач сидів обличчям або спиною до вікон чи кімнати задньою частиною до ПК, у яку монтуються вентилятори. Забороняється використовувати для обробки інтер'єру приміщень з ПК полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини у концентраціях, що перевищують гранично допустимі і не включені в «Перелік дозволених, МЗ» 1977-1985 років.

В офісі робочі місця з ПК розташовані від стіни з вікнами на відстані 1 м. Екрани моніторів ПК знаходяться на відстані 700 мм від очей користувачів. Робочі місця в сидячому положенні відповідають вимогам ДСТ 12.2.032–78 та ДСТ 12.2.029–77. Поверхня робочого столу розташована на висоті 0,75 м від підлоги, розміри робочої поверхні стільниці складають 1050x590 мм, а розміри вільного простору для ніг під столом – висота 650 мм, глибина 550 мм, ширина 450 мм. Робочий стілець оснащений підйомно-поворотним механізмом, що забезпечує регулювання висоти сидіння і спинки, пневматичними і гідравлічними амортизаторами, а також підлокітниками.

А.2.1 Освітлення

Правильно спроектоване та виконане освітлення покращує умови зорової роботи, знижує втому, підвищує продуктивність праці, позитивно впливає на виробниче середовище, забезпечує сприятливий психологічний ефект на працівника, підвищує безпеку праці та знижує травматизм. Недостатнє освітлення призводить до напруження зору, зниження уваги і передчасної втоми. Надмірна яскравість викликає осліплення, подразнення та біль в очах. Неправильний напрямок освітлення на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски і дезорієнтацію працівника. Усі ці фактори можуть призвести до нещасних випадків або професійних захворювань, тому важливий правильний розрахунок освітлення.

Згідно з СНиП II-4-79, у приміщенні необхідно застосовувати систему комбінованого освітлення. При виконанні робіт високої зорової точності

(найменший розмір об'єкта розрізнення 0.3-0.5 мм) коефіцієнт природного освітлення (КПО) повинен бути не нижче 1,5%. Для зорової роботи середньої точності (найменший розмір об'єкта розрізнення 0.5-1.0 мм) КПО повинен бути не нижче 1%. Як джерела штучного освітлення зазвичай використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ або ДРЛ, які попарно об'єднуються в світильники, розташовані над робочими поверхнями рівномірно.

Вимоги до освітлення у приміщеннях з комп'ютерною технікою наступні: при виконанні робіт високої зорової точності загальна освітленість повинна складати 400 лк, а комбінована – 750 лк; для робіт середньої точності – 200 лк і 300 лк відповідно. Крім того, усе поле зору повинно бути освітлене рівномірно, що є основною гігієнічною вимогою. Іншими словами, ступінь освітлення приміщення та яскравість екрану комп'ютера повинні бути приблизно однаковими.

А.2.2 Параметри мікроклімату

Параметри мікроклімату можуть змінюватися в широких межах, проте для підтримки життєдіяльності людини необхідна постійність температури тіла, що забезпечується терморегуляцією – здатністю організму регулювати тепловіддачу до навколишнього середовища. Принцип нормування мікроклімату полягає у створенні оптимальних умов для теплообміну тіла людини з навколишнім середовищем.

Комп'ютерна техніка є джерелом значних тепловиділень, що може призвести до підвищення температури та зниження відносної вологості в приміщенні. У приміщеннях з комп'ютерами повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. Згідно з санітарними нормами СН 245-71, встановлені величини параметрів мікроклімату, які забезпечують комфортні умови. Ці норми залежать від пори року, характеру трудового процесу та типу виробничого приміщення.

Об'єм приміщень, у яких розташовані робочі місця працівників офісу, не повинен бути меншим за 19,5 м³ на людину, з урахуванням максимальної кількості одночасно працюючих у зміну.

Таблиця А.1 – Параметри мікроклімату

Пора року	Параметри мікроклімату	Величина
Холодна	Температура повітря	22...24°C
	Відносна вологість	40...60%
	Швидкість руху повітря	До 0,1 м/с
Тепла	Температура повітря	23...25°C
	Відносна вологість	40...60%
	Швидкість руху повітря	0,1...0,2 м/с

Таблиця А.2 – Норми подачі свіжого повітря в приміщення

Характеристика приміщення	Об'ємні витрати свіжого повітря, що подається в приміщенні м ³ /на одну людину в годину
Об'єм до 20 м ³ на людину	Не менш ніж 30
20.. 40 м ³ на людину	Не менш ніж 20
Більш ніж 40 м ³ на людину	Природня вентиляція

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року та часу доби, чергування праці та відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

А.2.3 Електромагнітне та іонізуюче випромінювання

Максимальний рівень рентгенівського випромінювання не перевищує 10 мкбер/год, а інтенсивність ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань від екрану монітора становить 10-100 мВт/м².

Таблиця А.3 – Показники допустимих значень параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань (згідно з СанПиН 2.2.2.542- 96)

Параметр	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні монітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні монітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати для дорослих користувачів	20 кВ/м

Для зниження дії цих видів випромінювань рекомендується застосовувати монітори з пониженим рівнем випромінювань, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

А.3 Заходи щодо поліпшення умов праці

А.3.1 Мікроклімат робочого місця

Приміщення має площину 27,5м² (5,5 м* 5 м); висота усередині 2,5м, об'єм становить 68,75 м³. У приміщенні розташовані: 2 системних блока, 2 монітори, DNS сервер, комутатор, маршрутизатор, 1 кондиціонер. У приміщенні офісу є джерела тепловиділення, тому необхідно визначити необхідні умови його вентилявання. Витрату повітря в приміщенні з додатковим тепловиділенням визначаємо за формулою:

$$L = \frac{Q_{НАД}}{c \cdot p \cdot (t_B - t_H)} \quad (A.1)$$

де $Q_{НАД}$ -надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год;

c – теплоємність повітря (0,237 ккал/кг);

p – обсягова вага повітря (1,226 кг/м³);

t_B – температура витяжного повітря (30 °C);

t_H – температура приточного повітря (20 °C).

Розрахуємо надлишкове надходження тепла за наступною формулою:

$$Q_{НАД} = Q_{УСТ} + Q_{ПЕР} + Q_{ОСВ} + Q_{СР}, \quad (A.2)$$

Де $Q_{НАД}$ -виділення тепла від устаткування;

$Q_{ОСВ}$ -надходження тепла від електричного освітлення;

$Q_{СР}$ -надходження тепла від сонячної радіації через вікна;

$Q_{ПЕР}$ -виділення тепла робітниками.

Визначемо виділення тепла від устаткування за формулою:

$$Q_{УСТ} = P \cdot K_a \cdot K_{\theta} \cdot 860, \quad (A.3)$$

Де P – сумарна потужність устаткування, кВт/год;

K_a - коефіцієнт установленної потужності (0,95);

K_{θ} - коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$Q_{УСТ} = [(x_1 \cdot k_1) + (x_2 \cdot k_2) + (x_3 \cdot k_3) + (x_4 \cdot k_4) + (x_5 \cdot k_5) + (x_6 \cdot k_6)] \cdot K_a \cdot K_{\theta} \cdot 860, \quad (A.4)$$

Де $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ - кількість системних блоків, моніторів, серверів, маршрутизаторів та комутаторів, кондиціонерів відповідно;

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ - їх потужність.

Розрахуємо:

$$Q_{уст} = [(2 \cdot 0,45) + (2 \cdot 0,1) + (1 \cdot 1,5) + (1 \cdot 0,35) + (1 \cdot 0,4) + (1 \cdot 0,25)] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 2941,2 \text{ ккал / год.}$$

Визначимо виділення тепла від обслуговування персоналу за допомогою наступної формули:

$$Q_{пер} = n \cdot g = 2 \cdot 100 = 200 \text{ ккал / год,} \quad (\text{A.5})$$

Де n – кількість працюючих;

g – кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год).

Визначимо надходження тепла від електричного освітлення за формулою:

$$Q_{осв} = E_M \cdot g_1 \cdot S = 400 \cdot 0,05 \cdot 27,5 = 550 \text{ ккал / год,} \quad (\text{A.6})$$

Де E_M - нормована освітленість для цієї зорової роботи, величина якої дорівнює 400 лк;

g_1 - питома тепловиділення на 1 м² підлоги при 1 лк освітленості (для люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год);

S - площа приміщення, м².

Визначимо надходження тепла від сонячної радіації через вікна за наступною формулою:

$$Q_{сп} = F \cdot g_2 \cdot K_{осл} = 2,2 \cdot 65 \cdot 0,4 = 57,2 \text{ ккал / год,} \quad (\text{A.7})$$

Де F – площа віконних прорізів (2,2 м²);

g_2 – кількість тепла, що надходить через 1 м² віконного прорізу (65 ккал/год);

$K_{осл}$ - коефіцієнт ослаблення, приймаємо 0,4.

Визначимо кількість надлишкового тепла:

$$= Q_{НАД} = Q_{УСТ} + Q_{ПЕР} + Q_{ОСВ} + Q_{СР} = 2941,2 + 200 + 550 + 57,2 = 3748,4 \text{ ккал / год}$$

Визначимо витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{Q_{НАД}}{c \cdot \rho \cdot (t_{В} - t_{Н})} = \frac{3748,4}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (30 - 20)} = 1290,05 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Існуюча в наявності система кондиціювання і вентилявання має продуктивність 2000 м³/годину, що задовольняє необхідним нормативам.

А.3.2 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення

Розміри приміщення: довжина ($a=5,5$), ширина ($b=5$), висота ($h=2,5$).
Приміщення має світу побілку: коефіцієнт відбиття $P_{стелі}=70\%$, $P_{стін}=50\%$.
Висота робочих поверхонь (столів) $h_p=0,7$ м. Для освітлення прийнято світильник типу УПМ-15, які підвищують до стелі, відстань від світильника до стелі $h_c=0,4$ м. Мінімальна освітленість за нормами $E=200$ лк.

- 1) Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 2,5 - 0,4 = 2,1 \text{ м.} \quad (\text{А.8})$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНІП П-4-79 повинна бути у межах (2,5-4,0) м., залежно від характеристик світильника. В офісі відповідає цій вимозі.

- 2) Визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 2,1 - 0,7 = 1,4 \text{ м.} \quad (\text{А.9})$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками (L) та висоти їх підвісу (h).

- 3) Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 1,4 = 0,98 \text{ м.} \quad (\text{A.10})$$

- 4) Розрахуємо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{a \cdot b}{L^2} = \frac{5,5 \cdot 5}{0,98^2} \approx 29 \quad (\text{A.11})$$

Приймаємо, як 30 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у 5 рядів, 6 штук.

- 5) Світловий потік лампи світильника (Φ_L) визначається за формулою:

$$\Phi_L = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (\text{A.12})$$

де E – нормативна освітленість,лк;

K_3 – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;

S - площа приміщення, що освітлюється, м²;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розширювання(1,15);

N – кількість світильників;

n – кількість ламп у світильнику;

η - коефіцієнт виокристання світлового потоку, який визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стін і стелі.

6) Визначимо показник приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{5,5 \cdot 5}{2,5 \cdot (5,5 + 5)} = 1,05 \quad (\text{A.13})$$

Коефіцієнт використання $\eta = 0,46$ для світильника УМП-15 (при $i=1,05$, $P_{\text{стелі}}=70\%$, $P_{\text{стін}}=50\%$).

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику цього типу встановлена лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 27,5 \cdot 1,15}{30 \cdot 1 \cdot 0,46} = 458,3 \text{ лм} \quad (\text{A.14})$$

9) Обираємо лампу Г-40 потужністю 40 Вт, світловий потік якої становить 500 лм. Хоча це значення на 9% більше розрахованого, однак не перевищує встановлену норму (- 0% < $\Phi_{\text{л}}$ < +20%). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$P_{\text{CB}} = P \cdot N = 40 \cdot 30 = 120 \text{ Вт} \quad (\text{A.15})$$

А.4 Пожежна безпека

Найважливішою умовою роботи будь-якого підприємства є дотримання правил пожежної безпеки. В офісі основні заходи для забезпечення пожежної безпеки визначає «Інструкція про заходи пожежної безпеки для службових приміщень (офісів)». Вона є обов'язковою для всіх співробітників відділу. Згідно з цією інструкцією, у кожному приміщенні повинен бути призначений відповідальний за пожежну безпеку, а на видному місці має бути розміщена табличка з вказівкою його посади та прізвища.

Меблі й обладнання повинні розташовуватися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення

(шириною не менше 1 м). Евакуаційні шляхи та виходи повинні бути постійно вільними, без будь-яких перешкод. Під час накопичення та по завершенню роботи пальні відходи слід збирати в спеціально відведені сміттєзбиральники.

Електромережі, електроприлади та апаратура повинні використовуватися тільки у справному стані, з урахуванням рекомендацій виробника. У разі виявлення ушкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електровиробів їх слід негайно відключити та вжити необхідних заходів для приведення у пожежобезпечний стан. Документи, папір та інші горючі матеріали повинні зберігатися на відстані не менш ніж 1 м від електрощитів, електрозбірок та електрокабелів, 0,5 м від світильників та 0,25 м від приладів опалення.

Засоби протипожежного захисту (пожежні крани, пожежна та охоронно-пожежна сигналізація, первинні засоби пожежогасіння тощо) повинні бути в справному стані. Усі працівники повинні пройти протипожежний інструктаж, вміти користуватися наявними вогнегасниками та іншими первинними засобами пожежогасіння, а також знати місця їхнього розташування. Відстань від найвіддаленішого місця в приміщенні до вогнегасника не повинна перевищувати 20 м.

А.5 Безпека при надзвичайних ситуаціях в компанії

Об'єктом дослідження з точки зору визначення потенційних надзвичайних ситуацій та їх наслідків є офісне приміщення. Однією з потенційних загроз є виникнення пожежі внаслідок короткого замикання в електромережах або статичних розрядів, що може призвести до серйозних пошкоджень будівлі, устаткування, комунікацій та виділення токсичних продуктів горіння.

Для забезпечення пожежної безпеки в офісі розроблено оперативний план гасіння пожежі, який визначає порядок дій персоналу у випадку виникнення пожежі, способи гасіння у електроустаткуванні, взаємодію з внутрішнім

пожежним складом та використання засобів пожежогасіння з урахуванням заходів безпеки.

Також будівля обладнана мережею протипожежного водопостачання та системами виявлення та гасіння пожеж згідно з вимогами нормативно-технічних документів. Кожен співробітник повинен чітко знати та дотримуватися вимог пожежних правил і протияварійного режиму, вміти користуватися вогнегасниками та іншими засобами первинного пожежогасіння, а також знати місце їх розташування.

Меблі та обладнання мають бути розташовані таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу (шириною не менше 1 м), а евакуаційні шляхи і виходи мають залишатися вільними від перешкод.

У випадку виявлення пожежі необхідно негайно повідомити державну пожежну службу за телефоном «101», зазначивши адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі та наявність людей. Також слід інформувати керівництво і, в нічний час, чергового охоронця. При можливості необхідно розпочати гасіння пожежі наявними засобами та організувати зустріч пожежних підрозділів.

Важливою складовою безпеки є ефективна евакуація людей з палаючої будівлі. Це досягається, коли час евакуації не перевищує час настання критичних фаз розвитку пожежі, таких як критичні температури, ступінь задимлення чи зниження концентрації кисню. Кількість евакуаційних виходів повинна бути не менше двох і вони повинні розташовуватися розсереджено.

Мінімальна відстань між найбільш віддаленими один від одного евакуаційними виходами із приміщень визначається за формулою:

$$l = 1,5 \cdot \sqrt{P} = 1,5 \cdot \sqrt{27,5} = 7,9 \text{ м}, \quad (\text{A.16})$$

де P – периметр приміщення, м.

Офісне приміщення, як об'єкт дослідження з точки зору надзвичайних

ситуацій, потенційно стикається з різними загрозами, серед яких особливе значення має пожежна небезпека, спричинена можливими короткими замиканнями в електромережах або статичними розрядами. Ці події можуть призвести до значних матеріальних збитків, пошкоджень будівельних конструкцій, обладнання та інфраструктури, а також виділення токсичних продуктів горіння.

Для забезпечення пожежної безпеки в офісі розроблено оперативний план дій у разі пожежі. Цей план включає чіткі інструкції щодо поведінки персоналу, використання пожежних засобів та взаємодії з пожежними підрозділами. Важливо, щоб кожен співробітник був ознайомлений з цим планом і знав свої обов'язки у випадку пожежі.

У разі виникнення пожежі необхідно негайно повідомити державну пожежну службу за номером «101», точно вказавши адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі та наявність людей. Після цього необхідно організувати евакуацію працівників, уникаючи паніки, і допомагати особам, які потребують допомоги, зокрема літнім і дітям.

Двері на евакуаційних шляхах повинні відкриватися у напрямку виходу з будівлі, щоб сприяти швидкій евакуації. В кожному приміщенні має бути вивішений план евакуації, який дозволяє працівникам швидко зорієнтуватися і вибрати найбезпечніший шлях виходу.

Якщо приміщення не охоплено пожежею, але ви знаходитесь у зоні диму чи високої температури, слід негайно закрити всі двері за собою, щоб уникнути поширення диму. Якщо вам доведеться перебувати в задимленому приміщенні, намагайтеся залишатися якомога нижче, дихаючи через вологу тканину, що може допомогти фільтрувати токсичні гази. При відсутності іншого виходу, яким є евакуаційні шляхи та сходи, залишіться вигодувати вікно, та зачекайте на прихода рятувальників.