

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**  
**Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем**  
**Кафедра комп'ютерної інженерії**

**Планування бездротової мережі в приміщеннях університету**

Кваліфікаційна робота бакалавра  
зі спеціальності: 123 «Комп'ютерна  
інженерія»

студентки 4 року навчання

**Дарини ФЕЩЕНКО**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, асистент

**Віталій МАР'ЯНОВСЬКИЙ**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент:

доцент фізико-математичних наук, професор

**Євген ІВОХІН**

\_\_\_\_\_ (підпис)

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри к.ф.-м.н.,

доцент Юрій БОЙКО

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ухвалено на засіданні кафедри “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р., протокол № \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить 35 сторінок, 13 ілюстрацій, 2 таблиці, 5 додатків, 5 джерел посилань.

Предметом роботи є синтез функціонування бездротової мережі, оцінка переваг та недоліків у межах її дії.

Мета: ознайомлення з принципами роботи бездротової мережі з ціллю аналізу сітки приміщень Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Інструменти виконання: Acrylic Wi-Fi, Ubiquiti UniFi Design Center

Ключові слова: Wi-Fi, RSSI, радіочастотні канали 2.4 ГГц та 5 ГГц, бездротова мережа, карта покриття, Access Point.

Результат роботи: проведено огляд теоретичних відомостей, що необхідні під час планування бездротової мережі, сформовано критерії до планування та запропоновано шляхи досягнення цих критерій, побудовано та проаналізовано карти покриття поверхів корпусу ННЦ «Інституту біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. Теоретичний огляд	6
Середовище передачі даних	6
Основні стандарти Wi-Fi	8
Радіочастотні канали в 2.4ГГц	9
Радіочастотні канали в 5ГГц	10
Співвідношення сигнал/шум	10
Ефективна ізотропна випромінювана потужність	12
Дозволені потужності	13
Wi-Fi сканери	14
Діаграми спрямованості	15
Карти покриття Wi-Fi	16
РОЗДІЛ 2. Практична частина	17
Аналіз локальної мережі	17
Аналіз мережі факультету за правилом 2 стін	19
Пропозиції з побудови теоретичного розміщення точок доступу	24
2.3 Кроки з модернізації бездротової мережі	27
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30
ДОДАТКИ	31
ДОДАТОК А	31
ДОДАТОК Б	32
ДОДАТОК В	33
ДОДАТОК Г	34
ДОДАТОК І	35

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ**

SNR	– Signal-to-Noise ratio.
S	– Signal.
N	– Noise.
RSSI	– Received Signal Strength Indicator.
Wi-Fi	– Wireless Fidelity.
AP	– Access Point – точка доступу
EIRP	– Effective Isotropic Radiated Power.
LAN	– Local Area Network.

## ВСТУП

На даному етапі нашого життя комп'ютерні мережі стали його невід'ємним компонентом, особливо в часи пандемії. Вони компенсують спілкування, розваги, ділове та особисте листування, зв'язок між членами команд та організацій, допомагають віртуальним способом пізнавати світ навколо, надають можливість знаходити підходи втілення власних ідей та розробок, вирішують питання дистанційної роботи та навчання. Завдяки цьому будується новий етап у розвитку людської цивілізації.

Хоч пристрої можуть обмінюватися даними між собою без підключення до Інтернету, більшість, якщо не всі, сучасних благ цивілізації таки потребують підключення до сітки. Саме тому, з'являються питання, які необхідно розв'язувати, а саме: надійність передачі даних, безпечне підключення пристроїв та спілкування між собою, латентність, швидкість та стабільність роботи мережі.

Сучасні мережі беруть свій початок у далекому минулому. На сьогодні ми маємо різні стандарти Wi-Fi, але всі вони починаються з стандарту бездротових мереж – 802.11.

## РОЗДІЛ 1. Теоретичний огляд

### Середовище передачі даних

Сигнал Wi-Fi класифікується як радіохвиля, а отже, йому властиві відповідні параметри та характеристики. Такі хвилі розповсюджуються в просторі зі швидкістю, що близька до швидкості світла (300 000 000 м/с), схильні до розсіювання, поглинання, дифракції. Однією з властивостей є частотний діапазон, така частота, яка потрібна для генерації хвилі бажаної довжини. Тому, існує розподіл радіохвиль залежно від частот по діапазнам.

Відповідно до розподілу радіохвилі застосовують у різних сферах: мобільний зв'язок, радіозв'язок, телебачення тощо. Для роботи сигналу Wi-Fi використовуються хвилі ультрависокої та надвисокої частоти, що лежать в частотних діапазнах 2.4ГГц, 5ГГц, значно рідше 900МГц, 3.6ГГц, 10ГГц, 24ГГц. Загальне правильно каже: чим нижча частота, тим коротша довжина хвилі та навпаки.

Довжина хвилі Wi-Fi сигналу (метри) = швидкість світла (м/с) поділена на частоту сигналу (Гц), якщо провести спрощення, то довжина(м) = 300 / частота (МГц).

Головна вимога, що забезпечить якісний бездротовий зв'язок на довгі відстані, – видимість між точками. На шляху хвилі зустрічаються перепони: ліс, стіни, будівлі, нерівний рельєф, предмети в приміщеннях, які здатні відбивати чи поглинати сигнал.

Якщо розглядати невеликі відстані, від кімнатної AP, то шанс подолати перешкоду є цілком реальним, у порівнянні з кілометровими відстанями.

На відсоток якості сигналу Wi-Fi при проходженні через перепону має вплив декілька факторів: довжина хвилі та діелектрична властивість матеріалу. Перший фактор напряму залежить від другого. Зі зростанням ширини перепон, зростає і темп згасання. Необхідно враховувати кожен заваду в зоні розповсюдження радіосигналу, тому що хвиля не лише огинає,

але й проходить через предмети. Тож, перепони, як от стіни, стеля, металеві шафи та двері, меблі призводить до часткової чи повної втрати сигналу.

Під час планування багатоповерхівок чи звичайних будинків у конструкції безумовно присутні несучі стіни, що представляють собою арматуру з бетоном, й листовий метал, металеві каркаси, цегляні перегородки – усе це значно погіршує роботу AP. Відповідно до матеріалу коефіцієнт поглинання сигналу змінюється. Наприклад, бетон з арматурною решіткою, залізні двері, алюмінієві та сталеві балки відносяться до матеріалів з високим коефіцієнтом поглинання, а от цегла, штукатурка, акваріум(вода в ньому), тоноване скло – з середнім коефіцієнтом. До матеріалів з низьким коефіцієнтом затування відносять пластик, гіпсокартон, звичайне скло та дерево. Таблиця №1 демонструє декілька прикладів втрат ефективності сигналу Wi-Fi при поширенні в різних середовищах для бездротової мережі, що працює в частотному діапазоні 2,4ГГц.

Табл.1. Умовні значення затування

Матеріал(завада, середовище)	Втрата сигналу(dB)	Втрата в діапазоні (%)
Вулиця без перешкод	0	0
Бетон (15-16 см)	20	75
Бетон(31см)	23	82
Дерево(2см)	9	45
Міжкімнатна стіна(15-16см)	15-20	85
Несуча стіна(30-31см)	20-25	90

$W * (100\% - \%) = D$ , де  $W$  – повний радіус дії хвиль без перешкод,  $\%$  - відсоток втрат у діапазоні,  $D$  – вихідний радіус хвилі після розрахунку.

На затування також має вплив природній процес втрати потужності сигналу, що зменшує розсіювання пучка хвилі з часом.

Огинання хвилями перешкод, іншими словами, **дифракція**: чим менша довжина хвилі, тим гірше вона огинає перешкоди.

Як будь-яка радіохвиля, Wi-Fi сигнал має властивість **відбивання** сигналу від поверхні. У залежності від наявності нерівностей, матеріалу, структури, деякі поверх будуть поглинати сигнал частково або повністю, а якісь – відбивати частково або повністю.

При оцінці такого сигналу варто зауважити, що неконтрольоване відбивання сигналу погіршить його якість, через втрату загальної енергії та послаблення через інтерференцію, накладання хвиль.

### Основні стандарти Wi-Fi

**802.11b** – Wi-Fi 1, стандарт, що підтримує теоретичну швидкість до 11 Мбіт, хоча більш реальна пропускна здатність наближається до 3 Мбіт при UDP з'єднанні та 2 Мбіт TCP. Підтримує радіочастотні канали 2.4 ГГц.

**802.11a** – Wi-Fi 2, стандарт який було розроблено одночасно зі стандартом Wi-Fi 1. Був більш типовим рішенням для бізнес-інфраструктури. Підтримує пропускну здатність до 54 Мбіт/с на частоті 5 ГГц.

**802.11g** – Wi-Fi 3, підтримує пропускну здатність до 54 Мбіт та частотні канали 2.4 ГГц, а за побутових умов – близько 25 Мбіт/с.

У цілому, швидкість стандартів більш старих технологій, таких, як a b g, знаходиться майже в околі 20 Мбіт/с.

**802.11n** – Wi-Fi 4, стандарт, який також називають Wireless N, що розвиває пропускну здатність до 600 Мбіт при 5 ГГц та 150 Мбіт/с при 2.4 ГГц в ідеальних умовах та 70-80 Мбіт/с у реальних.

**802.11ac** – Wi-Fi 5, використовує дводіапазонну безпроводну технологію, розвиваючи до 1300Мбіт на 5 ГГц та 450 Мбіт на 2.4 ГГц.

**802.11ax** – Wi-Fi 6, складає максимальну швидкість з'єднання 600-9600 Мбіт/с при 2.4 та 5 ГГц відповідно.

Насправді на пропускну здатність впливає також і кількість користувачів. Чим менших радіус охоплення сигналу, тим стабільніше та швидше з'єднання

є та навпаки.

### Радіочастотні канали в 2.4ГГц

Канал – це умовний шлях, лінія для зв'язку, по якому передається сигнал. Один канал може постачати своє з'єднання для одночасно декількох мереж, а тому виникають збої через перевантаження ліній.

Провідний стандарт передачі даних на сьогодні, на частоті якого працює 13 каналів, кожен з яких має ширину 20МГц.

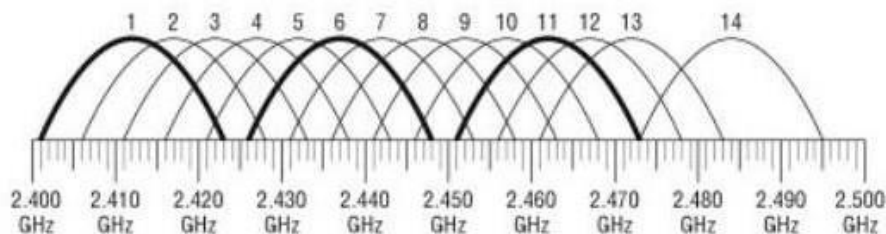


Рис.1. Діаграма каналів частот 2.4ГГц.

В Україні є 13 працюючих каналів, а в США, наприклад, лише 11. Наразі сучасні пристрої не підтримують 14-ий канал, а 12-ий та 13-ий може бути доступним не на всіх. З діаграми зрозуміло, що один канал займає від 20 до 40 МГц, а хвиля бере свій початок із 2.400 ГГц до 2.500 ГГц. Вважається, що існують канали, які перетинаються та які не перетинаються з іншими. Насправді, на діаграмі добре видно, що початок наступного каналу відбувається з 2.406 МГц, а отже, один канал перехрещується з 5 каналами. Канали 1, 6 та 11 не перетинаються, тому в них відбуватиметься передача даних майже без втрат, хоча сусідні канали можуть псувати зв'язок, але не суттєво. Крім того, якщо канал має ширину в 40 МГц, то він буде перетинатися ще з 5 каналами. Це варто враховувати.

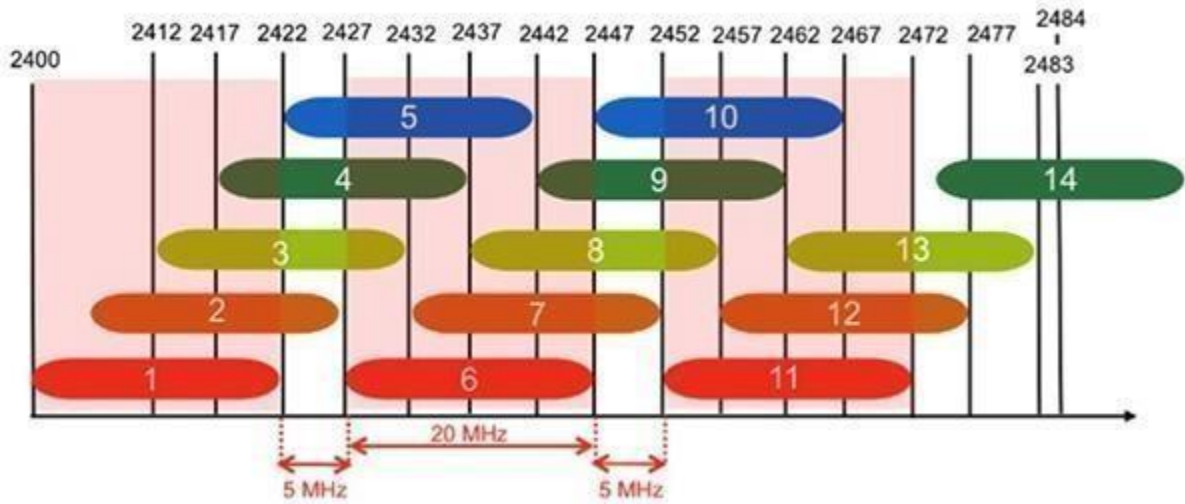


Рис.2. Канали, що не перетинаються.

### Радіочастотні канали в 5ГГц

Порівняно із частотою 2.4ГГц, тут швидкість передачі даних виростає до декількох Гбіт на секунду, оскільки частота збільшиться вдвічі. З іншого боку, навіть якщо не буде ніяких перешкод, хвиля затухне набагато скоріше. До того ж, якщо перепони таки існуватимуть, то вона затухне ще скоріше. Отож, сенс роботи цієї частоти має місце в невеликому радіусі.

Для збільшення швидкості ширина каналу виростає до 80 МГц, а їх кількість до 180, 19 з яких не перетинаються. Оскільки пристроїв, які б підтримувати 5ГГц, значно менше, ніж 2.4ГГц, канали даної частоти більш вільні.

### Співвідношення сигнал/шум

SNR – співвідношення потужності сигналу та потужності фоновому шуму (радіочастотний сигнал до шумового покриття), яке визначає міру спотворення сигналу шумом у каналі. Також це можна описати як співвідношення потрібної інформації до небажаного сигналу. Ця характеристика представляє собою позитивну величину між 0dB та 120dB, де

чим вище значення, тим краще, тобто співвідношення, яке більше чи дорівнює 1:1. Загальний принцип оцінки SNR говорить: будь-яке значення вище 20 – хороше.

SNR складається з 2 компонентів: сигнал та шум.

RSSI – індикатор рівня потужності сигналу, який приймає модем. Величина лежить в межах між 0 та -120, де одиниці виміру – dBm. Сигнал вважається сильнішим, коли його значення ближче до 0dBm.

Така одиниця вимірювання, як децибел, вимірює потужність сигналу, як функція його відношення до іншого стандартизованого значення. Варто зазначити, що аббревіатура ‘dB’ може позначатися з іншими скороченнями відносно тих значень, до яких вона співвідноситься. Наприклад, dBm/dBmW(дБм) порівнюється з 1 mW(1 міліват), а dBw – з 1W.

Існують умовні значення RSSI для адекватної роботи мережі:

- -30 dBm – дуже сильний сигнал; вірогідно, що пристрій знаходиться майже поряд з AP. Важко оцінити, чи є типовим у реальному світі.
- -50dBm – сильний рівень сигналу, що відповідає можливому випадку у реальному світі; якщо вдається отримати таке значення RSSI, то передбачена стабільна адекватна робота мережі.
- -60 dBm – нижче сильного; незважаючи на те, що сигнал неідеальний, все ще вважається сильним.
- -70 dBm – нормальний; більшість можливостей мережі стабільна без серйозних падінь з’єднання. Усе ж, можуть з’являтися проблеми, як-от довша буферизація відеороликів чи завантажень файлів.
- -80 dBm – низький; можуть починатись значні затримки швидкості, у відтворенні відеопотоків високої якості, перегляду онлайн відеороликів, однак перегляд веб-сторінок чи користування поштою не має викликати ускладнень.
- -90 dBm – дуже низький, межує з повною відсутністю; гарантовані перебої мережі з втратою пакетів даних.

- -100 dBm – сигналу немає; незадовільне значення для отримання сигналу.

Важливо розуміти, що значення цього параметру може варіюватися відповідно до виробника, пристрою чи середовища роботи. Крім того, RSSI вказує на рівень потужності модема, а не на рівень сигналу, який відповідає базовому джерелу, станції.

Шум – деякий присутній сигнал, який псує корисний сигнал. Виникає через присутні бездротові пристрої. Шум набуває значень від 0dB до деякого від’ємного значення, що вимірюється в dB, де що менше завад в сигналі, то воно менше.

Що ж до значення SNR, то воно може обчислюватися декількома способами. Наприклад, якщо виміри вказані в dB, тоді SNR знаходиться відніманням показника шуму від основного сигналу:  $SNR = S - N$ . Як результат виходить(або має) позитивне число.

З іншого боку, при складних обрахунках береться логарифм із бажаного сигналу поділеного на кількість шуму, тобто  $\log(S/N)$ .

Щоб отримати розрахунок SNR співвідношення у децибелах, потрібно взяти до уваги наступне: якщо одиниці сили сигналу представлені у ватах(W), то необхідно помножити на 10, якщо вольти(V) – множити на 20. Іншими словами, для потужності:  $SNR = 20 * \log(S/N)$ , а для напруги:  $SNR = 10 * \log(S/N)$ .

Отриманий результат вказує на силу бажаного сигналу порівняно до шуму. Що більше число, то «якіснішим» виявиться сигнал відносно присутнього шуму. Коли ж число негативне, то шум сильніший порівняно до корисного сигналу.

Ефективна ізотропна випромінювана потужність

EIRP – значення сигналу, що надходить безпосередньо від антени та базується на трьох значеннях, а саме:

1. Потужність передачі(dBm).
2. Втрати в кабелі(dB).
3. Підсилення антени(dBi).

Важливо розуміти, як вимірюється потужність, а саме: потужність передатчика сигналу(dBm) + підсилення антени(dBi) – втрати в кабелі (dB) (іноді ще віднімається послаблення роз'ємів (dB)).

### Дозволені потужності

Згідно з нормативно-правовими вимогами до бездротових мереж, які діють в Європейському Союзі визначені Центрами передового досвіду (the Centers of Excellence – CE), існує дозволена максимальна потужність, з якою можна передавати в деякому діапазоні частот Wi-Fi. Вийти за рамки цих потужностей – порушити закон.

1. 2400 – 2483,5 МГц (діапазон 2,4 ГГц) – потужність не може перевищувати 100 mW EIRP (20 dBm) всередині приміщення та поза його межами.
2. 5150 – 5350 МГц (діапазон 5 ГГц) – потужність не може перевищувати 200 mW EIRP (23 dBm), дозволено використовувати обладнання тільки всередині приміщення.
3. 5725 – 5875 МГц (діапазон 5 ГГц) – потужність не може перевищувати 1000 mW EIRP (30 dBm), всередині приміщення та поза його межами.

Згідно з рішенням Національної комісії питань регулювання зв'язку України №108 від 11.03.2010 існує дозволена максимальна потужність, з якою

можна передавати в деякому діапазоні частот Wi-Fi. Вийти за рамки цих потужностей – порушити закон.

1. 5470 - 5670 (діапазон 5 ГГц) – потужність не може перевищувати 250 mW EIRP (дозволено використовувати обладнання тільки всередині приміщення).
2. 5725 – 5875 МГц (діапазон 5 ГГц) – потужність не може перевищувати 1 W EIRP (всередині приміщення та поза його межами).
3. Потужність випромінювання радіопередавача, де смуга радіочастот 2400 - 2483,5 МГц, в режимі забезпечення зв'язку за стандартом IEEE Std. 802.11b/g не мусить перевищувати 0,1 Вт.
4. Сумарне значення EIRP в режимі IEEE 802.11n у смугах таких радіочастот, як: 2400 - 2483,5 МГц, 5150 - 5350 МГц, 5470 - 5670 МГц, 5725 – 5850 МГц, не повинна перевищувати 100 мВт.

### Wi-Fi сканери

Wi-Fi сканер – спеціалізована програма встановлена на пристрій для виявлення та аналізу мереж, що доступні для підключення в момент сканування. Такі аналізатори мають опцію вибору кращого визначення місця розташування AP.

Отож, головна мета такої програми – аналіз каналів та вивід поточної інформації користувачу для вибору такого оптимального каналу підключення.

Основні параметри аналізаторів: SSID – назва мережі, може бути встановлений виробником або заданий вручну, MAC Address, RSSI – графіки рівня сигналу в точках доступу, SNR – співвідношення сигнал/шум, Channel – діапазон частот, який використаний для роботи AP, їх розподіл на частотах 2,4 та 5 ГГц, Стандарт Wi-Fi – має вплив на швидкість та якість підключення, Max Rate – максимально допустима швидкість, Security – інформація про тип

безпеки (WEP, WPA, WPA2) та не тільки. Ці параметри можуть відрізнятися в залежності від програми.

Розглянуто такі аналізатори, а саме: Aruba Utilities, Fing, WiFiman, Acrylic Wi-Fi, останнім з яких, проведено дослідження мережі. Такий сканер має більш розширені, на мою думку, опції для аналізу мережі, однак значення індикатору рівня потужності сигналу співпало у всіх програмах. Тож, можна використовувати таку, що є доцільною та зручною для використання на ПК чи портативному телефоні відповідно.

### Діаграми спрямованості

Безумовно, антени – невід’ємна частина функціоналу бездротових пристроїв. Задача таких вбудованих антен перетворювати спожиту електроенергію в радіохвилі та передати на приймачі. Тобто будь-яка антена функціонує у такий спосіб, щоб працювати і на прийом, і на випромінювання, а отже, володіє властивістю оборотності.

Діаграми відповідають за опис поширення хвилі, яка надходить від антени, графічну побудову та візуалізацію. Діаграми спрямованості антен описуються кривою лінією, що представляє розподіл рівнів потужностей, які на умовно-однакових відстанях в різних напрямках простору випромінює антена. Зображуватися вони можуть як у вигляді плоских діаграм, так і у вигляді 3D форм.

Ці діаграми є корисними при розміщенні AP для охоплення більшого кола користувачів, правильного розміщення меблів, наприклад, парт, дощок чи інших предметів у просторі. Також за їх допомогою, можна уникнути хибного поширення хвиль, як от в стіну, зону, яка нас не цікавить, чи на якій зазвичай відсутні користувачі. У даному випадку можна дізнатися, яку потужність антена посилає у відповідному вимірюваному напрямку.

Розглянуто невеликий приклад діаграми направленості AP UniFi, яка представлена у вільному доступі.

Тут антена має на 10dBm кращу ефективність випромінювання хвилі від нуля градусів в усіх напрямках відмінних від 270 градусів. Отже, якщо розміщувати таку AP для клієнтів, то очевидно, що всі вони повинні бути в околі точки на 270 градусів.

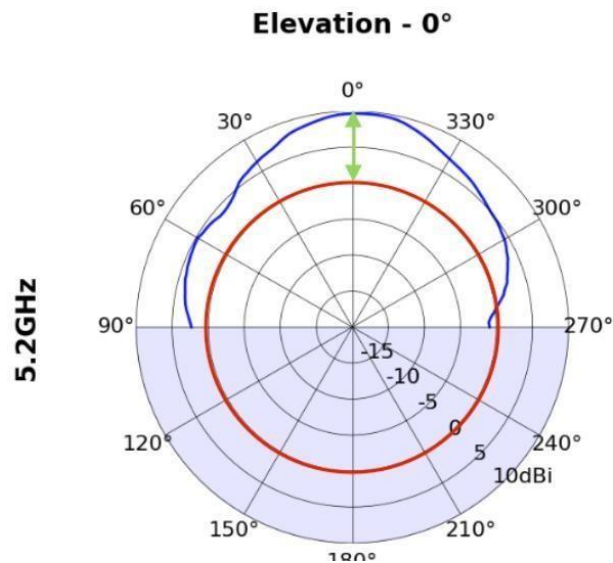


Рис.3. Діаграма направленості Ubiquiti UniFi AP.

### Карти покриття Wi-Fi

Карта покриття – термін, походить від англійського Wi-Fi heatmap або coverage map, є зручним способом візуалізації якості покриття, що забезпечує AP. При плануванні бездротової мережі така карта допоможе коректно розмістити AP в ідеально-можливому місці. Існує безкоштовне ПЗ UniFi Design Center Feature. Це продукт, що розроблений та представлений Ubiquiti, компанією, яка виробляє та продає мережеві продукти Unifi. Цей застосунок дає можливість спроектувати план покриття в навколишньому просторі з урахуванням поточного архітектурного проєкту та плану приміщення, а також необхідного мережевого обладнання, включаючи маршрутизатори та AP. Цей застосунок доступний за посиланням <https://design.ui.com> та є легким у

використанні: достатньо створити новий проект, записати вхідні параметри та завантажити чи самостійно спроектувати план поверху чи приміщення, а також додати мережеве обладнання Unifi. Крім того, можна помістити перешкоди, наприклад, несучі, міжкімнатні стіни та скло.

## РОЗДІЛ 2. Практична частина

### Аналіз локальної мережі

Протестовано програмне забезпечення «Acrylic Wi-Fi» на основі LAN, «локальної мережі», для домашнього кола користувачів (графічна схема будівлі з розміщеною AP доступна для перегляду в Додатку А):

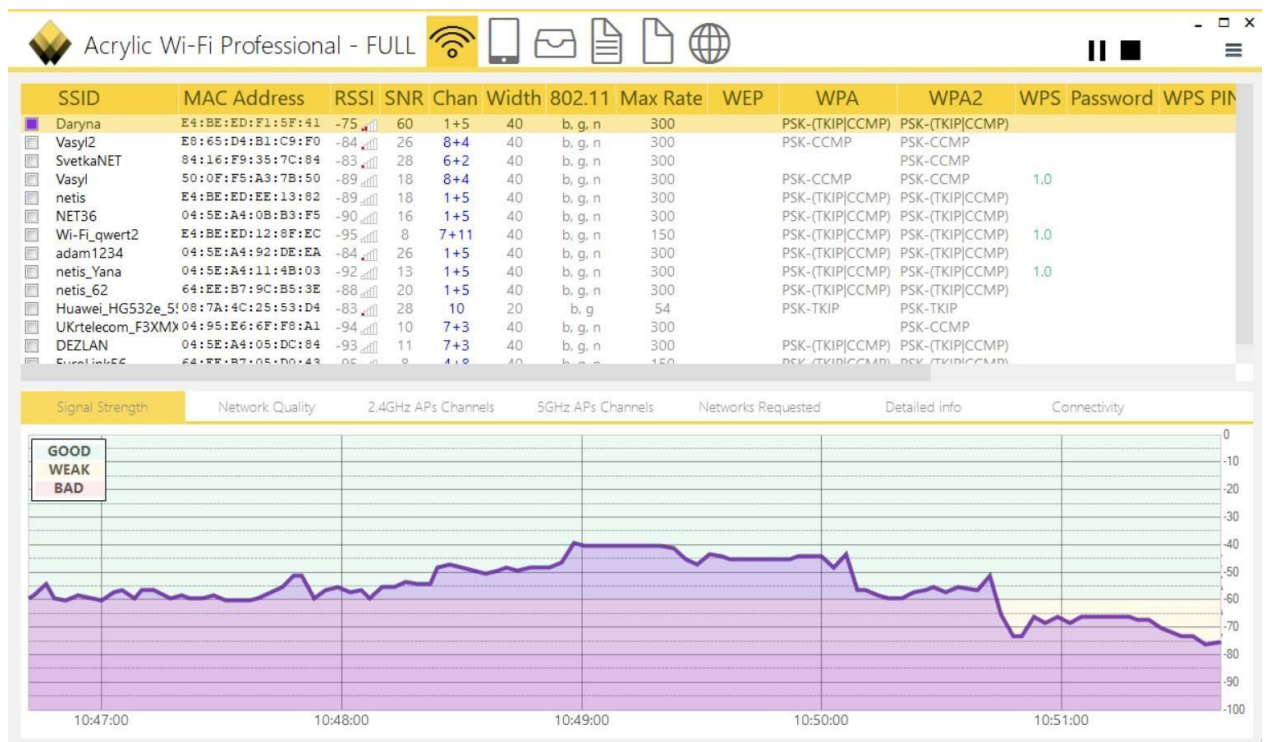


Рис.4. Оточення програмного забезпечення на прикладі тестування точки №7.1

У ході дослідження розглянуто 13 точок, що розміщені поміж 7 приміщень будівлі. ПЗ показує індикатор потужності рівня сигналу, співвідношення сигналу до присутнього шуму. Сам же шум пораховано за допомогою формули:  $\text{Noise} = \text{RSSI} - \text{SNR}$ .

Табл.2. Заміри сигналу

Точка №	RSSI(0/-120)dBm	SNR(0/120)dB	Noise(0/-120)dB
1.1	-78	40	-118
1.2	-72	60	-132
1.3	-72	80	-152
2.1	-59	80	-139
2.2	-58	99	-157
3.1	-56	99	-155
4.1	-16	99	-115
5.1	-45	99	-144
5.2	-40	99	-139
5.3	-50	99	-149
6.1	-59	99	-158
7.1	-75	60	-135
7.2	-66	80	-146

У процесі дослідження побудована карта покриття Wi-Fi за допомогою ПЗ UniFi Design Center Feature, проаналізувавши яку можна впевнитися в достовірності рівня сигналу в приміщеннях:



Рис.5. Карта покриття Wi-Fi будівлі з сьома кімнатами при 2.4 ГГц

Протягом проведення даного експерименту було взято до уваги якість роботи таких месенджерів, як Telegram та Viber.

При тестуванні ПЗ Telegram зв'язок був стабільним в околі всіх приміщень, окрім деяких точок, таких як 1.2 та 7.1. Другий із інтернет-месенджерів мав менш стабільне з'єднання, деяку кількість затримок в приміщеннях під номерами 1 та 7.

Отож, у даній локальній мережі розміщення AP є доцільним рішенням, оскільки відбувається безперебійний обмін даними між внутрішніми та зовнішніми пристроями, однак, для отримання кращих результатів, має сенс перемістити AP в приміщення під номером 3.

Аналіз мережі факультету за правилом 2 стін

Було розглянуто архітектурні проекти чотирьох поверхів з II-го по V-ий корпусу ННЦ «Інституту біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка можна переглянути в додатках Б, В, Г та Г відповідно. Присутні в бездротовій мережі АР відповідають моделі «Ubiquiti AP AC PRO».

На основі досліджень в розділі 2.1 зробимо припущення, що коли RSSI дорівнює 50dBm, то рівень сигналу високий, передбачає стабільну роботу мережі, а коли значення наближене до 70dBm, то сигнал буде на порядок нижче сильного, з деякою затримкою. Важливо при побудові мережі враховувати кількість стін, а також будівельні матеріали. Скажімо, якщо у просторі без перешкод радіус поширення хвилі Wi-Fi близько дорівнює 100 м, то розрахуємо значення дії хвилі за формулою в пункті 1.1 : при проходженні через 1-ну міжкімнатну стіну:  $100\text{м} * (100\% - 85\%) = 15\text{м}$ , після проходження через 2-гу –  $15\text{м} * 15\% = 2,25\text{м}$ , а через 3-тю маємо  $2,25\text{м} * 15\% = 0,3375\text{м}$ . Розглянемо другий випадок, якщо взяти до уваги несучу стіну, то після того, як сигнал потрапить через неї, радіус дії буде  $100\text{м} * (100\% - 90\%) = 10\text{м}$ , і через ще 1 міжкімнатну –  $10\text{м} * 15\% = 1,5\text{м}$ . Якби брати на розгляд 2 несучі стіни, то значення буде  $10\text{м} * 10\% = 1\text{м}$ . Тож, теоретично можна припускати, що мережа буде доступною після проходження через 2 міжкімнатні стіни товщиною не більше 15-16см або 1 несучу товщиною 31см та 1 міжкімнатну стіну, у той час, як через 2 несучі стіни мережа працюватиме дуже нестабільно, а через 3 міжкімнатні – підключення з великою ймовірністю буде відсутнім. Крім того, якщо врахувати ще й меблі, присутні в приміщенні, то радіус дії хвилі може бути ще меншим.

Необхідно побудувати карту покриття Wi-Fi. Для побудови використано Unifi Design Center. На основі цього проаналізовано покриття поверхів.

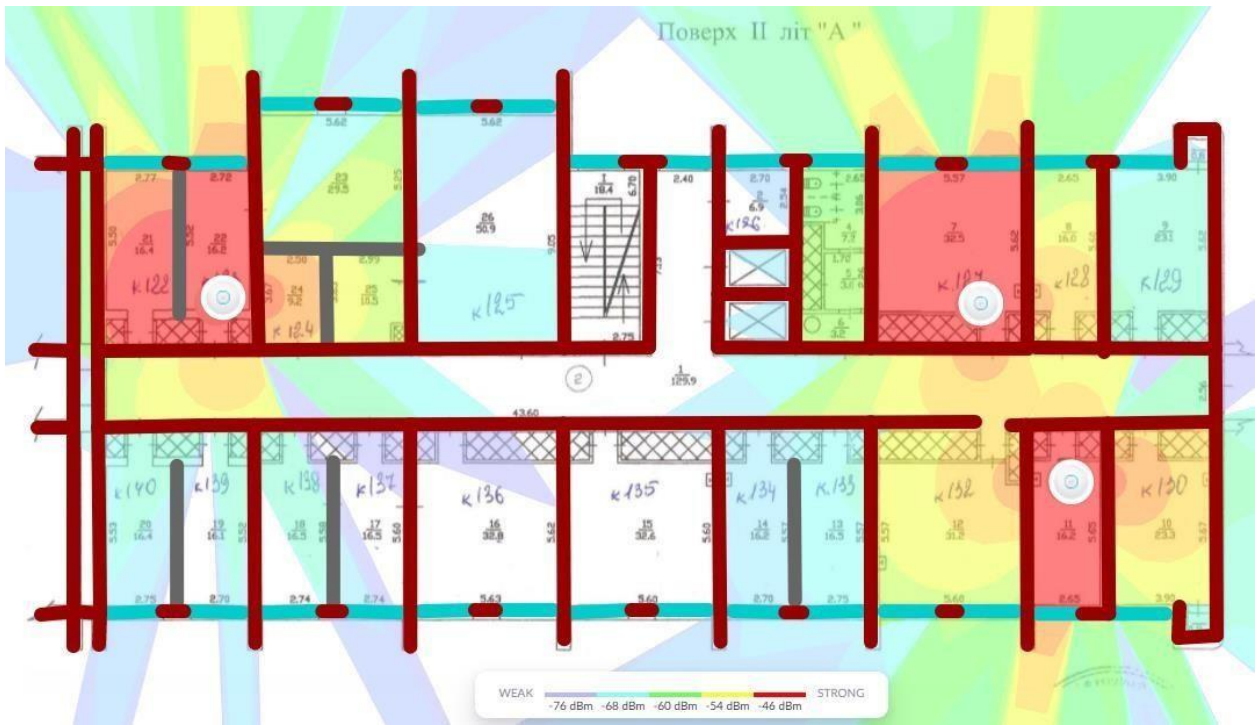


Рис.6. Карта покриття Wi-Fi II поверху при 2.4 ГГц

На поверсі №II AP 1, 2 та 3 розміщені в кабінетах під номерами 123, 127 та 131 відповідно. Тоді **AP №1** забезпечує адекватну роботу мережі для кабінетів під номерами 123, 122, 124 та можливо для 140, 139, 138 та 125. **AP №2** розміщена так, що кабінети № 127, 128, 129, 132 мають доступ до мережі. **AP №3** має доцільне розташування для кабінетів 131, 130, 132 та ймовірно 128. Як підсумок, в межах приміщень: 139, 138, 137, 136, 135, 126, 125, 134, 133 та 129 сигнал або дуже слабкий, або відсутній.

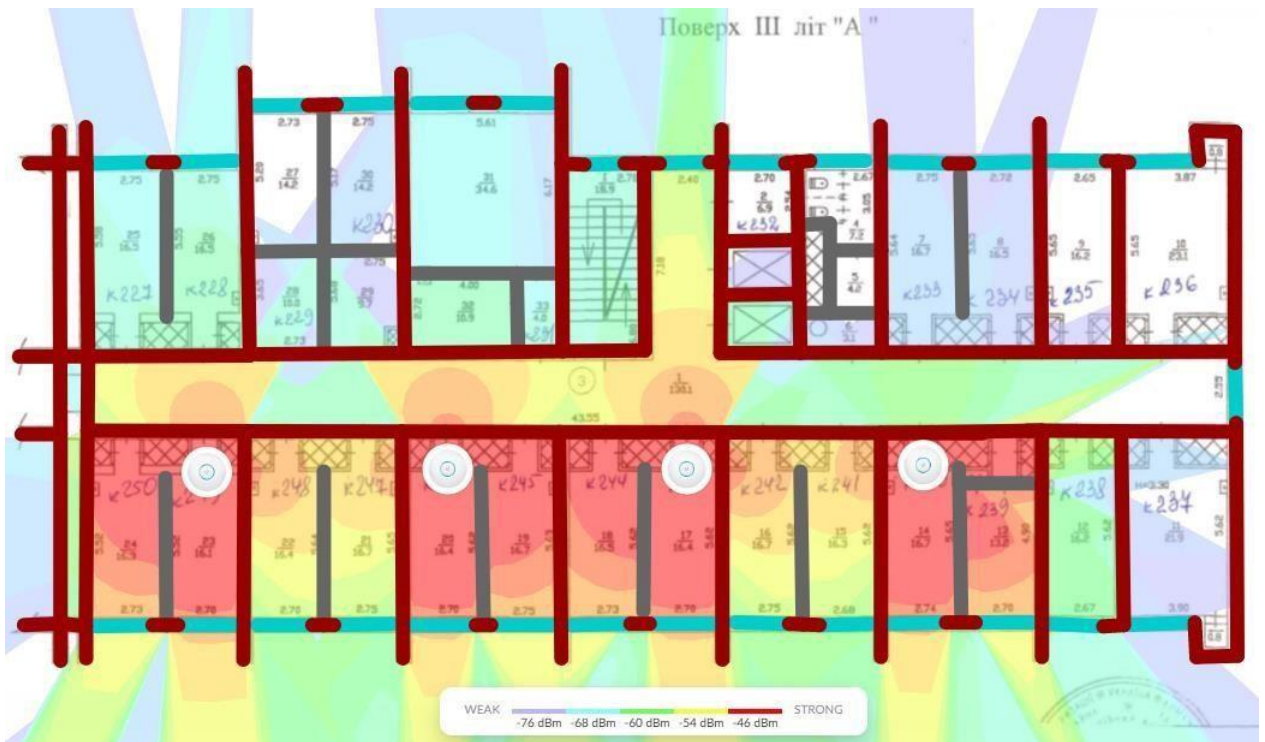


Рис.7. Карта покриття Wi-Fi III поверху при 2.4 ГГц

На поверсі № III AP 1, 2, 3 та 4 розміщені в кабінетах під номерами 249, 246, 243 та 240. Тоді відповідно AP №1 розміщена так, що кабінети № 249, 250, 248, 247, ймовірно 228, 227 та 229 мають задовільне покриття. AP №2 забезпечує нормальне покриття для кабінетів під номерами 246, 245, 244, 247, 248 та можливо для 231. AP №3 для кабінетів надає 243, 244, 245, 242, 241 потужний рівень сигналу, а AP №4 для приміщень 240, 241, 242, 239, 238, а також ймовірно для 233. Отже, AP розміщені так, що кабінети № 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236 та 237 мають відсутній сигнал.

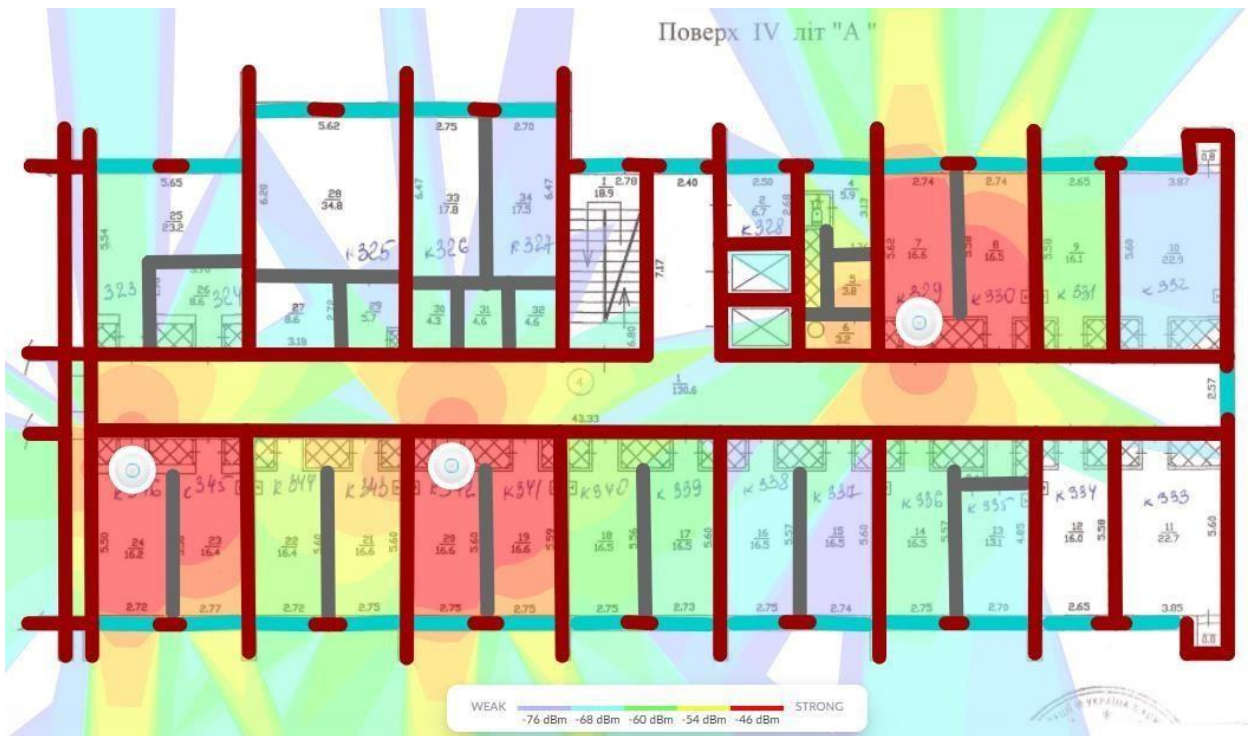


Рис.8. Карта покриття Wi-Fi IV поверху при 2.4 ГГц

Поверх № IV має АР, які розміщені в приміщеннях № 346, 342 та 329. АР №1 має перевагу для кабінетів 346, 345, 344, ймовірно для 323 та 324. АР №2 так розташована, що кімнати номер 342, 341, 340, 343, можливо 344 забезпечені бездротовим зв'язком. Остання з АР №3 покриває такі кабінети, як: 329, 330, 331 та частково 335 і 336. Можна дійти висновку, що на 4-ому поверсі для кімнат № 325, 326, 327, 328, 333, 334, 335, 332, 339, 338 та 337 відсутнє покриття бездротовою мережею.

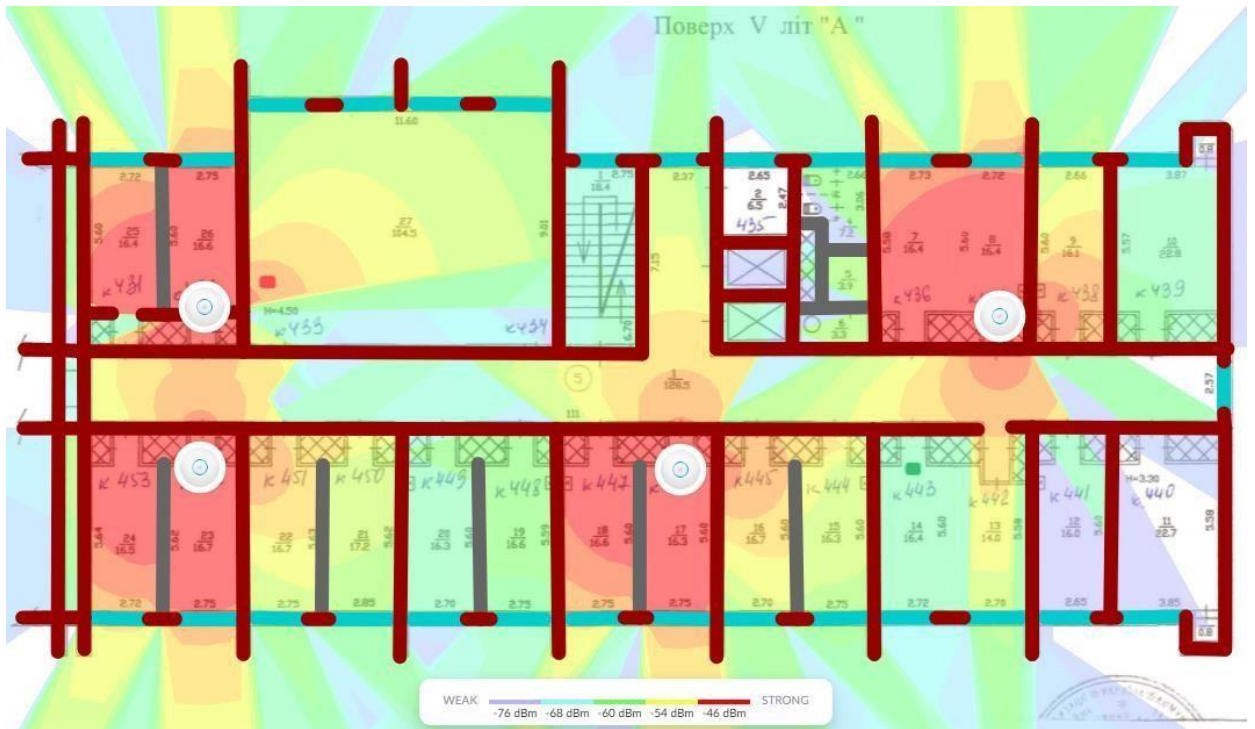


Рис.9. Карта покриття Wi-Fi V поверху при 2.4 ГГц

Для поверху №V AP розміщені у кабінетах під номерами 432, 452, 446 та 437(436). Перша з точок забезпечує бездротовою мережею кімнати під номерами 432, 431, 433(434), можливо 452 та 453. **AP №2** вигідно розміщена для приміщень №452, 453, 451, 450, частково 433(434). **Третя з AP** ефективно випромінює хвилі для кабінетів № 446, 445, 447, 448, ймовірно 444, а **AP №4** для кімнат №436(437), 438, 439, 442(443), 444. Можна зазначити, що останній з розглянутих поверхів не має доступу до мережі в кабінетах 435, 443, 449, 439, 441 та 440.

Як підсумок, на II-ому поверсі не мають доступу до мережі близько 10-ти кабінетів, III-ьому – 8, IV-ому – 11, V-ому – 6.

#### Пропозиції з побудови теоретичного розміщення точок доступу

Справді бракує допоміжних точок доступу, які за ідеальних умов та можливостей не було б зайвим розмістити в інших аудиторіях на поверхах.

Безсумнівно на II-ому поверсі, бракує як мінімум ще однієї AP, щоб збільшити кількість приміщень, які мали би доступ до мережі, як от: 136, 137,

138, 135, однак це все ще не вирішило б питання для кабінетів № 129, 126, 125, 139, 134 та 133.

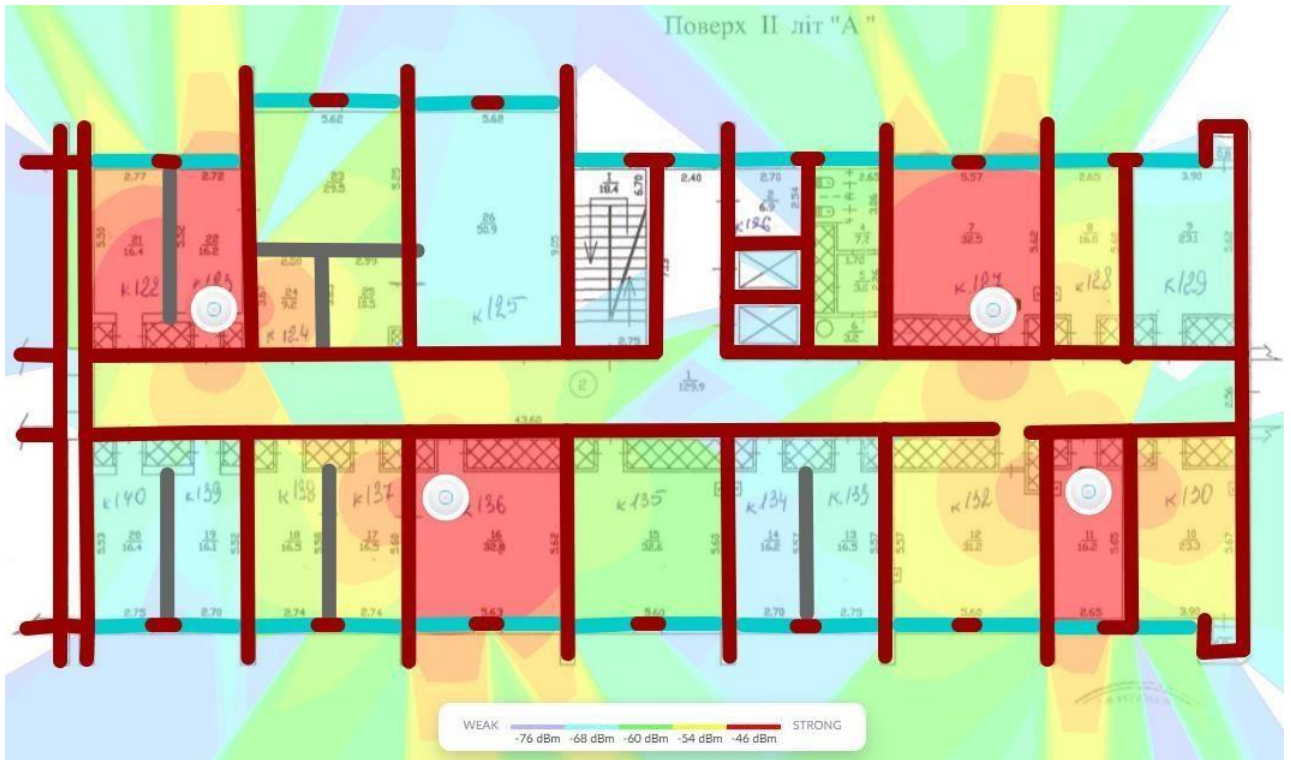


Рис.10. Теоретична карта покриття Wi-Fi II поверху при 2.4 ГГц

При розгляді поверху № III AP добре перемістити в к.№ 235 та додати у к.229. При такому розміщенні сигнал усе ще не буде присутнім в к. №232, а у к.231 та 237 ймовірно працюватиме з перебоями.

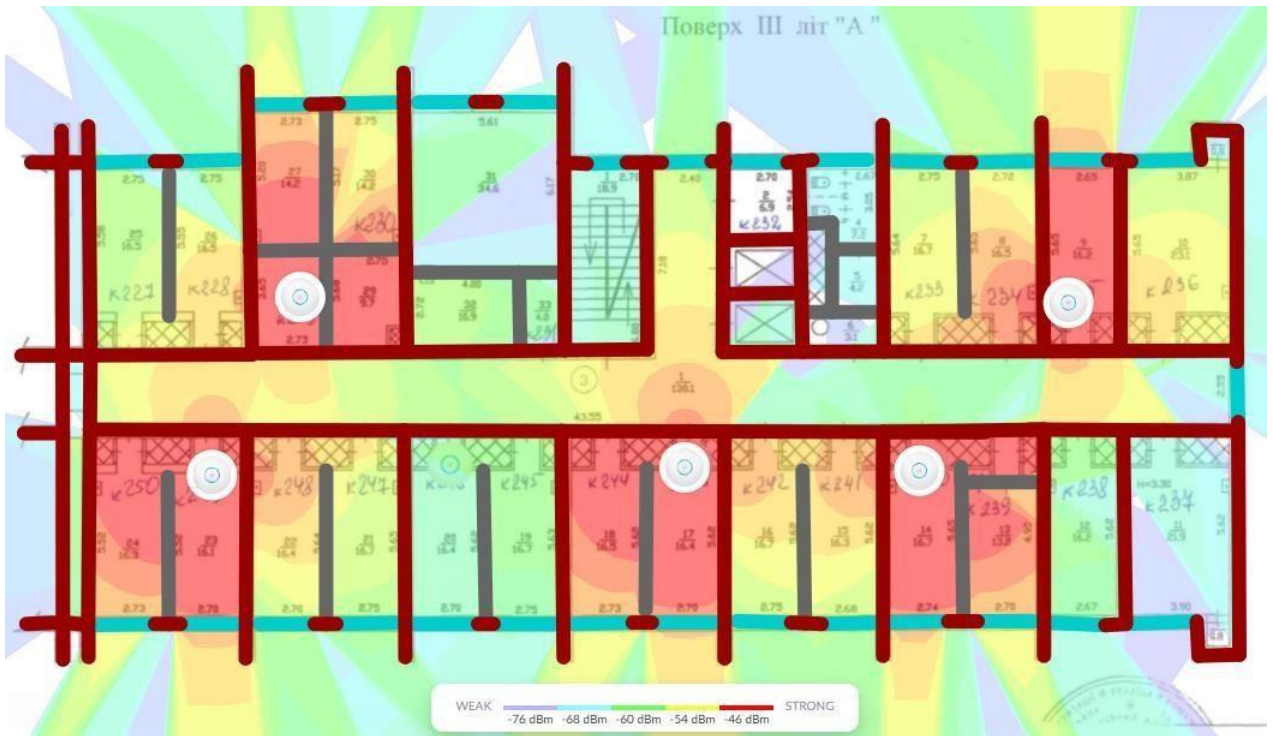


Рис.11. Теоретична карта покриття Wi-Fi III поверху при 2.4 ГГц

На IV-ому не було б зайвим ще розмістити AP в кабінетах 329 та 325. При цьому ймовірно к. 328, 332, 337 та 338 усе ще не матимуть підключення до мережі.

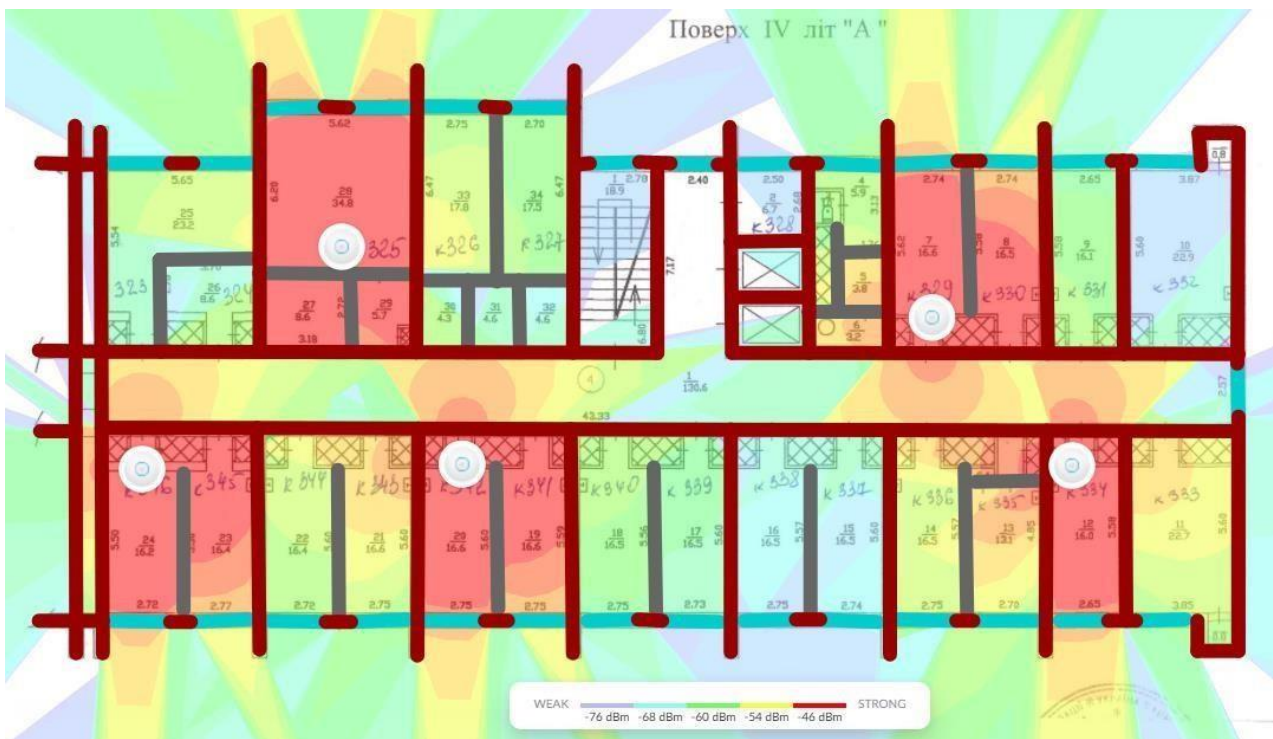


Рис.12. Теоретична карта покриття Wi-Fi IV поверху при 2.4 ГГц

Для поверху №V запропоновано розміщення AP ще в одному кабінеті під номером 441, тоді доступу до мережі не буде в к. №435, а в кабінетах 449 та 439 з'єднання ймовірно буде відсутнім.

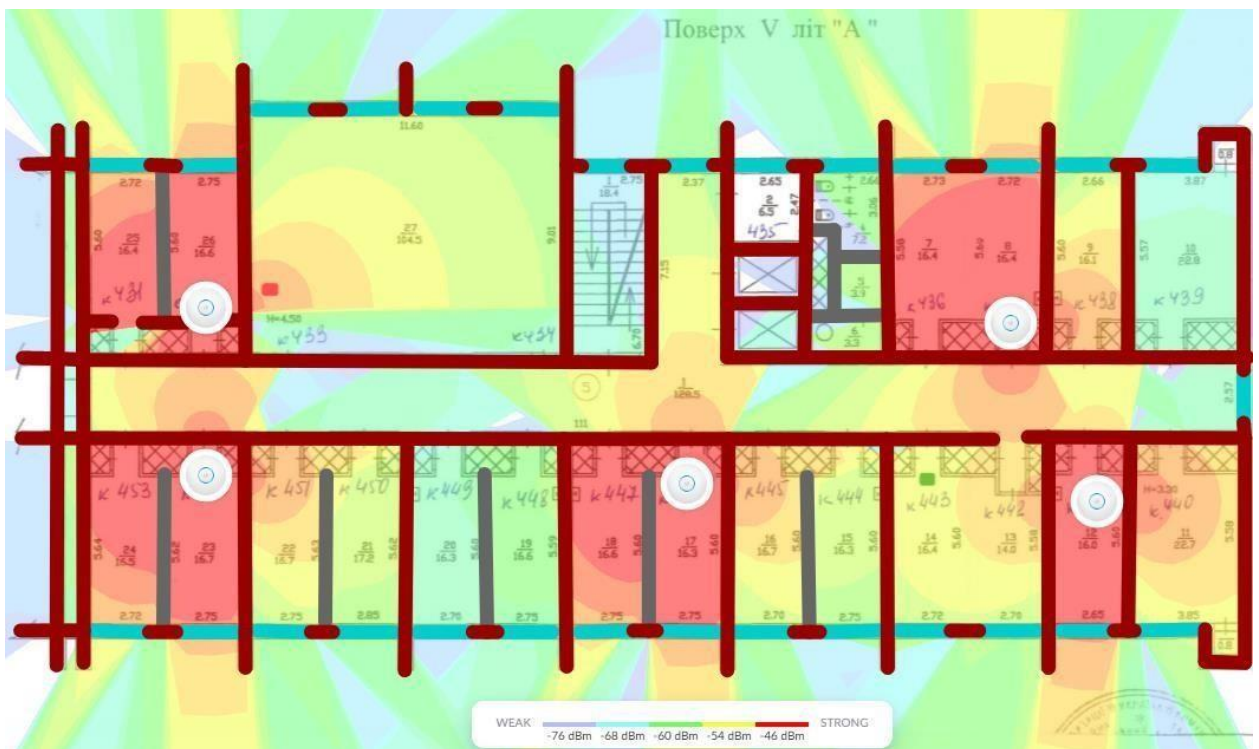


Рис.13. Теоретична карта покриття Wi-Fi V поверху при 2.4 ГГц

Порівняємо з пунктом 2.2: вдалося зменшити кількість кабінетів без доступу до мережі на II-ому з 10-ти до 6-ти, III-ьому з 8-ти до 3-ьох, IV-ому – з 11-ти до 4-ьох, а V-ому з 6-ьох до 2-ох. Є очевидним, що для такої кількості аудиторій безумовно бракує додаткових AP.

### Кроки з модернізації бездротової мережі

Це дослідження показує, що, по-перше, під час побудови теоретичних моделей варто врахувати приміщення, які виконують роль навчальних аудиторій, або, наприклад, кабінети для виконання лабораторних робіт. Цілком очевидно, що такі аудиторії відіграють значно важливішу роль при аналізі мережі в будівлі освітнього значення.

По-друге, щоб робити припущення про задовільний сигнал при 2-ох чи 3-ьох стінах необхідно розуміти, з якого матеріалу та якої товщини ці стіни, а

по-третє, чи немає інших перешкод у кімнатах у вигляді залізних шаф чи інших предметів, які впливають на якість поширення радіохвиль. Грунтуючись на таблиці 1 в пункті 1.1, затухання сигналу і, як наслідок, вплив на якість сигналу – саме те, що цікавить при аналізі мережі найбільше.

Крім того, перед зміною розташування поточних точок доступу необхідно врахувати діаграмами направленості присутніх АР, які мають розташовуватися так, щоб користувачі знаходилися в околі поширення хвиль. До того ж, щільність користувачів, тобто кількість клієнтів, які використовують з'єднання, має вплив як на якість мережі, так і на навантаження, що також необхідно враховувати. Звідси слідує, що подальшим можливим дослідом може бути експеримент з навантаженням на мережу.

Підсумовуючи все вищенаписане, після аналізу фактичних показників сигналу в приміщеннях та плану самих приміщень, необхідно врахувати це в остаточному плані мережі.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи бакалавра для досягнення поставленої мети, а саме: планування та аналізу покриття бездротової мережі, ознайомлено з потрібними для цього аспектами функціонування бездротових мереж, оцінено стандарти Wi-Fi, частотні канали, головні характеристики мережі.

Для аналізу мережі факультету, розглянуто теоретичні моделі побудови мережі на базі розміщення AP ННЦ «Інституту біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка, побудовано карти покриття Wi-Fi для всіх 5-ти поверхів. Дане дослідження показує недоліки в розміщенні AP, і як наслідок велика кількість кабінетів не має доступу до мережі.

На підставі проведеного дослідження в практичній частині роботи проаналізовано розміщення наявних AP та запропоновано рішення з розміщення додаткових AP, які б вирішили питання відсутності стабільного покриття у окремих аудиторних кімнатах. Як наслідок, наведено декілька підходів, врахувавши які, можна поліпшити бездротову мережу.

Таким чином, реалізація запропонованої моделі покриття безпосередньо на факультеті дозволить розв'язати проблему недосконалого покриття, отримати стабільну роботу мережі з метою поліпшення навчального процесу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.Г.Оліфер, Н.А.Оліфер. Комп'ютерні мережі, 2-ге видання, 2016 р.
2. Про визначення можливості застосування радіоелектронних засобів на території України і внесення їх до Реєстру НКРЗ; Рішення від 11.03.2010 № 108 [Електронний ресурс] Режим доступний у: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/vr108634-10#Text>
3. Техносфера - Современные технологии беспроводной связи [Електронний ресурс] Режим доступний у: <https://www.technosphera.ru/lib/book/171?read=1>
4. Premachandran R. SNR, RSSI, EIRP and Free Space Path Loss [Електронний ресурс] Режим доступний у: <https://community.cisco.com/t5/wireless-mobility-documents/snr-rssi-eirp-and-free-space-path-loss/ta-p/3128478>
5. Wi-Fi Channels, Frequencies, Bands & Bandwidths [Електронний ресурс] Режим доступний у: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/wifi-ieee-802-11/channels-frequencies-bands-bandwidth.php>

ДОДАТКИ  
ДОДАТОК А

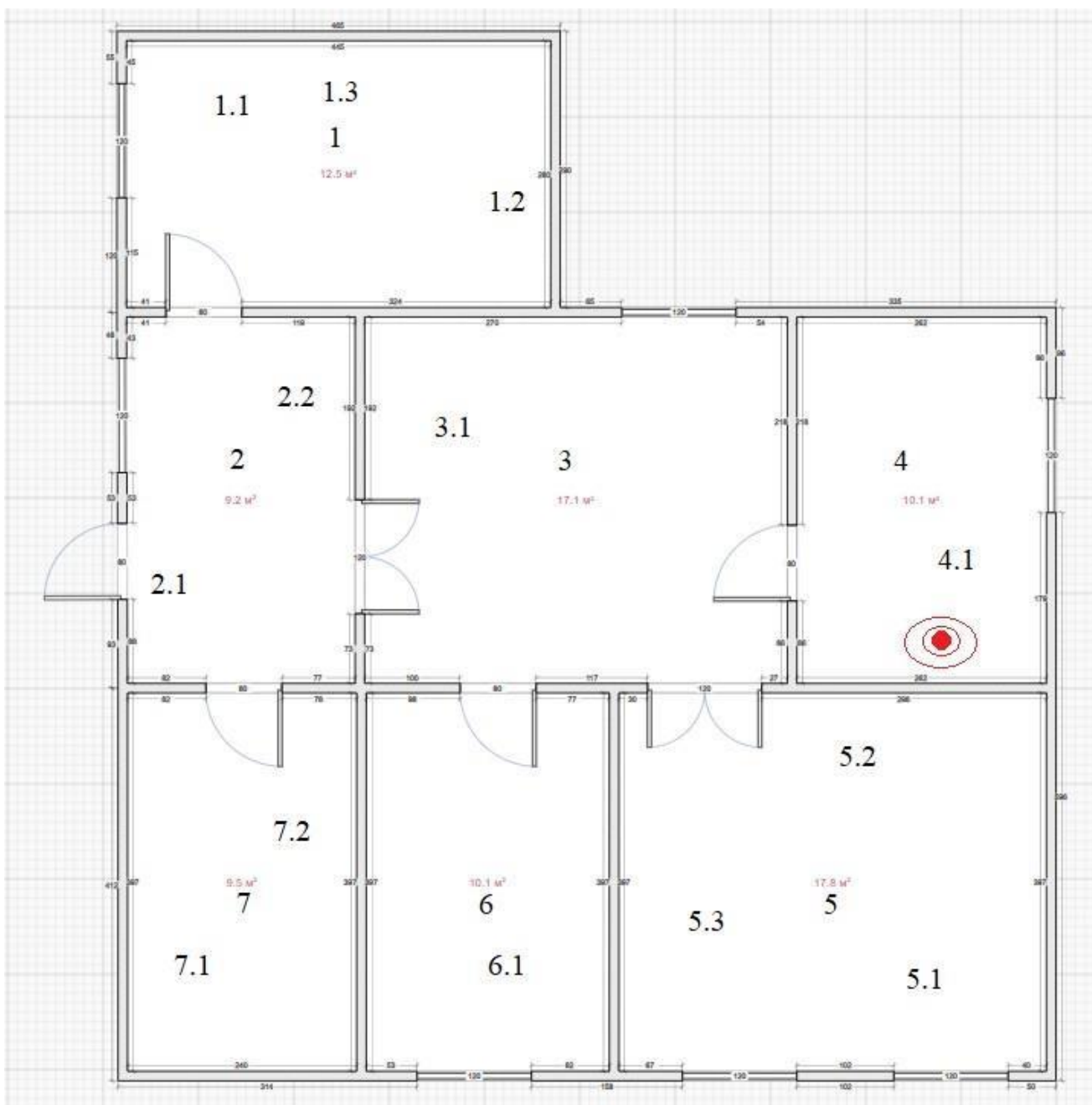


Рис.5. Схема будівлі, з 7-ма кімнатами та 1-єю АР.





ДОДАТОК Г



Рис.8. Мапа IV-го поверху корпусу ННЦ «Інституту біології та медицини»

