

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
(повна назва факультету)

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр
(освітній рівень)

на тему: «Модернізована система стільникового зв'язку м. Лубни»

Виконав: студент 4 курсу, групи 401-ТТ
спеціальності 172 «Телекомунікації та
радіотехніка»

шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності

Адаменко М.К.
(прізвище та ініціали)

Керівник Сокол Г.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент
(прізвище та ініціали)

Полтава – 2021 рік

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Освітній рівень Бакалавр
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматки,
електроніки та телекомунікацій**

_____ О.В. Шефер
“ 11 ” травня 2021 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Адаменку Максиму Костянтиновичу

1. Тема роботи «Модернізована система стільникового зв'язку м. Лубни»
керівник роботи Сокол Галина Вікторівна, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від 03.03.2021 року № 158 –фа
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.06.2021 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) стандарт GSM; N=47,8 тис. чоловік, S=29,9 км².
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Обґрунтування необхідності розгортання системи стільникового зв'язку. Розрахунок основних характеристик системи стільникового зв'язку. Вибір обладнання системи стільникового зв'язку.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) структурна схема роботи стандарту GSM;
 - 2) тип кластеру 4/12;
 - 3) аналог базової станції стандарту GSM;
 - 4) базова станція DBS 3900
6. Дата видачі завдання 11.05.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
1	Аналіз стандартів стільникового зв'язку, що використовується в Україні.	18.05.21		25%	Пл. 1
2	Аналіз покриття мережі GSM в Полтавській області.	26.05.21	I	50%	Пл. 2
3	Розрахунок основних характеристик системи стільникового зв'язку.	02.06.21		60%	Пл. 4
4	Вибір обладнання системи стільникового зв'язку.	09.06.21		80 %	Пл. 5
5	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра.	15.06.21	II	100%	Пл. 6

Студент _____ Адаменко М.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Сокол Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Загальний обсяг текстової частини дипломної роботи складає 50 сторінок формату А4. Вона складається з переліку скорочень, умовних позначень, вступу, 3-ох розділів, висновків, списку використаних джерел, 2 додатки. Робота містить 20 рисунків, 6 таблиць та використано 21 джерело.

Актуальність – сьогодні обсяг інформації, яку ми завантажуюмо через мобільний телефон, швидко зростає з кожним днем. У цьому контексті зростає потреба в швидкій обробці та передачі даних. Мобільний зв'язок витісняє стаціонарні послуги, саме тому велика увага приділяється розробці та вдосконаленню мобільних телефонів та технологій, які вони використовують.

Об'єкт дослідження – процес зв'язку у мобільній мережі стандарту GSM.

Предмет дослідження – методи розрахунку основних характеристик мережі зв'язку стандарту GSM.

Метод дослідження – аналітичний з використанням комп'ютерних технологій.

Метою роботи є модернізація мережі зв'язку стандарту GSM, в подальшому з можливістю переходу до стандарту LTE.

Результати дипломної роботи можуть бути використані для подальших досліджень за даною тематикою та при побудові мереж стільникового зв'язку стандарту GSM на базі обладнання Huawei з переходом до роботи за стандартом LTE.

Ключові слова: зв'язок, базова станція, передача даних, кластер, модернізація.

ABSTRACT

The total volume of the text part of the thesis is 50 A4 pages. It consists of a list of abbreviations, symbols, introduction, 3 sections, conclusions, a list of sources used, 2 appendices. The work contains 20 figures, 6 tables and 21 sources were used.

Relevance - today, the amount of information we download via mobile phone is growing rapidly every day. In this context, there is a growing need for fast data processing and transmission. Mobile communications are displacing fixed services, which is why much attention is paid to the development and improvement of mobile phones and the technologies they use.

The object of research is the process of communication in the GSM mobile network.

The subject of the research is methods of calculating the main characteristics of the GSM communication network.

The research method is analytical with the use of computer technologies.

The purpose of the work is to modernize the GSM communication network, in the future with the possibility of transition to the LTE standard.

The results of the thesis can be used for further research on this topic and in the construction of GSM cellular networks based on Huawei equipment with the transition to work on the LTE standard.

Keywords: communication, base station, data transmission, cluster, modernization.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗГОРТАННЯ СИСТЕМИ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ	11
1.1. Аналіз стандартів стільникового зв'язку, що використовуються в Україні	11
1.2. Аналіз покриття мережею GSM Полтавської області	23
1.3. Обґрунтування необхідності розгортання системи стільникового зв'язку міста Лубни	25
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ	27
2.1. Основні розрахунки для розташування та моделювання БС на основі GSM – 1800	27
2.2. Розташування та моделювання БС стандарту GSM-1800.	31
2.3. Забезпечення балансу потужності в стільника втрати на трасі	35
2.4. Розрахунок електроживлення базової станції	37
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ФІНАНСОВИХ ВИТРАТ СИСТЕМИ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ	41
3.1. Вибір базової станції та іншого обладнання, технічні характеристики БС	41
3.2. Розрахунок фінансових витрат на експлуатацію мережі	44
3.3. Розрахунок доходу та окупності даного проекту	47
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БС – базова станція – це системний комплекс приймально-передавальної апаратури, що здійснює централізоване обслуговування групи кінцевих абонентських пристроїв.

GSM – Global System for Mobile Communications – міжнародний стандарт для мобільного цифрового стільникового зв'язку з розділенням каналу за принципом TDMA та високим рівнем безпеки за рахунок шифрування з відкритим ключем.

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System – технологія стільникового зв'язку, для впровадження 3G у Європі.

TDMA – Time division multipleaccess – метод часового поділу одного фізичного каналу зв'язку.

CDMA – Code Division MultipleAccess – Множинний доступ з кодовим розділенням каналів) одна з можливих технологій мультиплексування, тобто одночасної передачі даних у спільному діапазоні (так званому каналі) радіочастот.

TD-CDMA – спосіб передачі даних, розроблений з ціллю уникнути відрахувань "на сторону" за використання патентних технологій.

W-CDMA – спосіб передачі даних через повітряний простір.

IP – Internet Protocol – протокол мережевого рівня для передавання датаграм між мережами.

GPRS – General Packet Radio Service – стандарт, який використовує не зайняту голосовим зв'язком смугу частот для передачі інформації.

SMS – Short Message Service – послуга обміну (передачі і прийому) короткими текстовими повідомленнями в телекомунікаційних мережах.

MMS – Multimedia Messaging Service – стандарт, який дозволяє пересилати між мобільними пристроями повідомлення з мультимедійним змістом (зображення, звук тощо).

LTE – Long Term Evolution – назва мобільного протоколу передавання даних; проект 3GPP, стандарт з вдосконалення UMTS для задоволення майбутніх потреб у швидкості.

ETSI – European Telecommunications Standards Institute – незалежна, некомерційна організація зі стандартизації в телекомунікаційній промисловості в Європі.

HSDPA – High-Speed Downlink Packet Access – доступ високошвидкісного приймання пакетних даних стандарту мобільного зв'язку 3-го покоління.

HSUPA – High Speed Uplink Packet Access – технологія високошвидкісної пакетної передачі даних аналогічно HSDPA, за напрямком «вгору», являє собою стандарт мобільного зв'язку, що дозволяє прискорити передачу даних від W-CDMA-пристроїв кінцевого користувача до базової станції за рахунок застосування досконаліших методів модуляції.

OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing – це метод мультиплексування (поєднання кількох потоків даних в один спільний простір), який підрозподіляє даний радіо спектр на набір ортогональних підчастот, через які передається інформація.

ДБЖ – джерело безперебійного живлення, автоматичний пристрій, що дозволяє підключеному обладнанню деякий час працювати від акумуляторів.

BSC – Base Station Controller – контролер базових станцій.

BBU – це блок обробки базових частот для установки в середині приміщень, який забезпечує централізоване управління експлуатацією і обслуговуванням, а також обробку сигналізації всієї системи базової станції, забезпечує опорний сигнал синхронізації.

RRU – це виносний радіочастотний блок. Забезпечує обробку сигналів основних частот і радіочастотних сигналів.

ВСТУП

Сьогодні такий час, що нам необхідно користуватися новими технологіями, адже з кожним днем росте потреба в збільшенні швидкості обробки та якості передачі даних. На даний момент, важко уявити людину без мобільного телефону. Саме тому з кожним роком, місяцем та днем – технології вдосконалюються, стають більш доступними. На мобільний зв'язок приділяється велика увага, тому що він є пріоритетним напрямком в інфо-телекомунікації.

Спрощення створення та підтримання соціальних зв'язків у цьому плані відіграє далеко не останню ланку. Саме завдяки такому зв'язку можливо спілкуватися з людиною, яка знаходиться у сусідньому будинку або взагалі за тисячі кілометрів без жодних проблем, так як мобільний зв'язок став доступним та легким. Навіть можливо працювати над одним проектом, з людьми на іншій стороні планети. Завдяки цим технологіям, ми надзвичайно спростили собі життя і воно стало більш комфортабельним. На сьогодні, життя без цих технологій уявити просто неможливо. Кожного дня ми спілкуємося із своїми рідними по мобільному телефону, а коли ми давно не бачились, то можемо скористатися відео чатом. Таким чином ми завжди поруч. Для нас це набагато важливіше, ніж здається на перший погляд.

Всі ці технології стрімко зробили ривок. За допомогою них ми можемо купити білет, на будь-який транспорт, замовити путівку в іншу країну, розплатитися в магазинах і так далі. За допомогою мобільних мереж, у нас є можливість дізнатися розклад улюбленої телепередачі. Нарешті ми маємо доступ до майже всіх даних, можемо вчитися та дізнаватися нового, адже вся інформація тепер зберігається на маленьких пристроях і нам не потрібно тепер ходити в бібліотеки та читати багато газет.

Велику роль у цьому всьому відіграють мобільні оператори, без них цього всього не можливо було б уявити. Наразі, ми можемо виділити три головних і

основних оператори, які надають всі можливі послуги: Vodafone, Lifecell та Київстар.

У всіх цих операторів своя якість та ціни на послуги, а без базових станцій їх просто б не існувало. Кожен оператор розміщує свої базові станції в населених пунктах та вздовж автодоріг. Саме вони і є нашим провідником до всесвітньої мережі інтернет. Кожна станція має свої налаштування та радіус роботи.

Аналізи останніх досліджень показали, що GSM є найбільш поширеним стандартом зв'язку. За даними асоціації GSM на даний стандарт доводиться 82% світового ринку мобільного зв'язку, 29% населення земної кулі використовує глобальні технології GSM.

Тому і темою мого дослідження являється модернізація мобільного зв'язку стандарту GSM в м. Лубни.

РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗГОРТАННЯ СИСТЕМИ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

1.1 Аналіз стандартів стільникового зв'язку, що використовуються в Україні

Перші радіотелефони використовували фіксовані канали, і якщо один з них був зайнятий, абонент вручну перемикався на інший. З розвитком технологій радіотелефонні системи вдосконалювались, зменшувався розмір пристроїв, оброблялись нові діапазони частот та вдосконалювалося комутаційне обладнання, зокрема функція автоматичного вибору.

Однак все це не могло вирішити головну проблему:

- обмежений частотний ресурс з величезною потребою в послугах.

Згодом знайшли вихід із цієї проблеми: всю цю велику територію, яка обслуговувалась, розділяли на невеликі сегменти, які носили назву стільники. На кожній ділянці цих стільників, було обладнання, яке працювало в своєму радіусі, із своїм числом каналів та частот. Це дозволяє без перешкод повторно використовувати ті самі частоти в іншому стільнику, який віддалений на значну відстань. Теоретично їх можна використати в сусідньому стільнику. Але на практиці, зони обслуговування стільників можуть перекриватися через різні фактори, наприклад зміни умов поширення радіохвиль [1]. У результаті чого з'являються помилки та різні завади. Тому саме в сусідніх стільниках, обладнання обов'язково повинно бути налаштованим на різні частоти. Під системою стільникового зв'язку слід розуміти сукупність локально розташованих базових станцій, пов'язаних між собою телефонними мережами загального користування або відомствами і керованих спеціальними мережевими протоколами. Коли абонент мережі веде розмову з іншим абонентом, та веде переміщення по території стільника, обладнання виконує переміщення сигналу з однієї базової станції на іншу, це все допомагає зв'язку тривати без перебоїв. Таке перемикання завжди працює ще тоді, коли між двома абонентами слабкий рівень сигналу, або базові станції не витримують великого завантаження через число операцій. Саме тому і

виконується перемикання між ближчими станціями. Ці стільники отримали свою назву через те, що вони схожі на бджолині стільники, які з'єднані між собою сторонами правильних шестикутників. Абсолютно кожна базова станція розташована приблизно біля вершин кутів шестикутника.

Якість зв'язку, сфера обслуговування споживачів, кількість додаткових послуг, що надаються, залежить від застосовуваного стандарту зв'язку та фінансових можливостей операторів. Існує дві великі групи стандартів стільникового зв'язку, а саме: цифрові та аналогові.

При цифровій обробці сигналу, розмовний сигнал перетворюється в цифрову імпульсну послідовність, а вже потім буде передаватись. Що саме цікаве – це те, що саме цифровий сигнал найбільш захищений та рівень безпеки у нього високий.

Аналогова обробка сигналу є дуже простою, передача така ж як у звичайних радіостанцій. В цьому випадку говорити про захищеність та конфіденційність розмови немає сенсу. Адже прослухати розмову можливо за допомогою звичайного приймача, який має можливість сканування сигналу.

Тому цифрова обробка сигналу бере верх над аналоговою. Йдеться про досягнення більш високих параметрів пристрою, спрощення управління процесом зв'язку, більш легке вирішення проблеми передачі даних та надання абоненту інших послуг.

На сьогодні найбільш популярним та поширеним стандартом мереж стільникового зв'язку є GSM, який заснований на основі TDMA [2]. Стандарт GSM використовує доступ до декількох станцій мультиплексування з часовим поділом (ущільненням каналів - TDMA), що дозволяє розміщувати 8 голосових каналів[1].

GSM підтримує інтенсивну передачу (270 кбіт / с), забезпечує роумінг (тобто автоматичний моніторинг переходу мобільного користувача з однієї комірки в іншу), включає інтеграцію мови, даних та зв'язок із загальнодоступними мережами.

Існує декілька видів стандартів стільникового зв'язку, а саме: GSM-900, який працює в частотних діапазонах, в межах 890-960МГц. Та мікро стільниковий зв'язок, який виконує свою роботу в межах 1710-1880 МГц [1]. Від того, що площа

стільника є невеликою та присутнє велике загасання, з'явилась і назва: «Мікро стільник».

Загальна архітектура GSM зображена на *рисунку 1.1*. У кожній діє базова станція BTS (Base Transciever Station), який забезпечує прийом та передачу радіосигналів абонентам. BTS має діапазон частот, відмінний від діапазонів сусідніх сот. Мобільний осередок прослуховує сусідні BTS і повідомляє контролера базових станцій (BSC – Base Station Controller) про якість прийому з тим, щоб BSC міг вчасно перейти на потрібну комірку BTS. Центр комутації (MSC – Mobileservices Switching Centre) здійснює комутацію і маршрутизацію, направляючи виклики потрібного абонента, у тому числі під зовнішні мережі загального користування [6]. База даних зберігає інформацію про місцезнаходження користувачів, технічні характеристики мобільних станцій, дані для ідентифікації користувачів. На *рисунку 1.1* показана схема роботи цього стандарту.

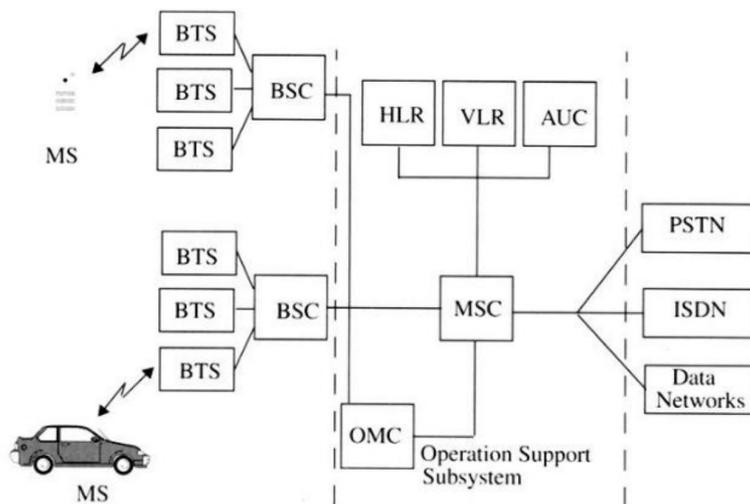


Рисунок 1.1 – Структурна схема роботи стандарту GSM

Створення стандарту GSM можна розділити на два етапи:

- Перший етап, який почався в 1991 році. У число послуг цього етапу входять: переадресація виклику, заборона виклику, чекання виклику, утримання виклику, глобальний роумінг.

З розвитком технологій стільникових мереж абонентам надавалися додаткові послуги.

- Другий етап розвитку GSM – завершився в 1997 році і разом з послугами першого етапу надав абонентам нові послуги: визначення номера викликаючої лінії, активизатор номера, груповий виклик, створення закритої групи, інформація про вартість розмови, порада щодо оплати, обслуговування додаткової лінії, прийом коротких текстових повідомлень, система голосових повідомлень.

Порівняно з іншими широко використовуваними цифровими стандартами, GSM забезпечує кращу та вищу енергоефективність, якість, безпеку та конфіденційність спілкування. Блокове згорткове кодування з чергуванням використовується для захисту від помилок, що виникають у радіоканалах. Підвищення ефективності кодування та вставки на низьких швидкостях станцій досягається повільним перемиканням робочих частот під час сеансу зв'язку (зі швидкістю 217 стрибків на секунду) [1].

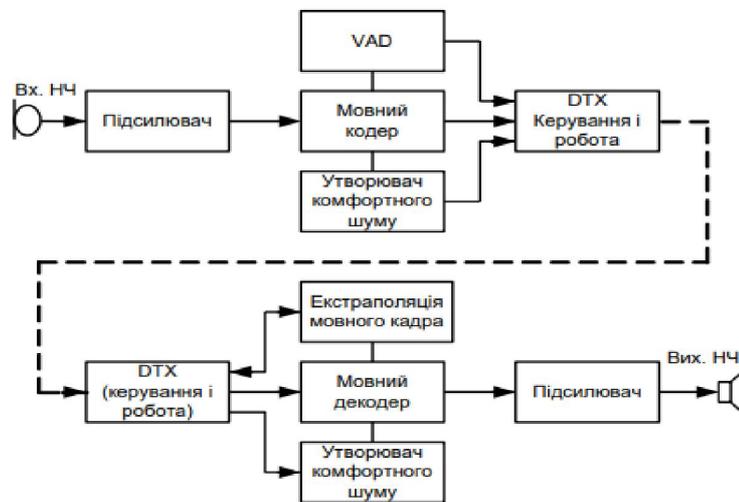


Рисунок 1.2 – Структурна схема обробки мови в стандарті GSM

Більшість українських мереж GSM працюють у діапазоні 900МГц або 1800МГц. При роботі в стандартному діапазоні 900МГц смуга 890-915МГц використовується для зв'язку від терміналу до базової станції, та 935-960МГц для зв'язку від базової станції до терміналу. У деяких країнах діапазон частот GSM-900 був розширений до 880–915 МГц (MS -> BTS) і 925-960 МГц (MS <- BTS), завдяки

чому максимальна кількість каналів зв'язку збільшилася на 50. Таку модифікацію назвали E-GSM (extended GSM) [6]. Діапазон частот 890-915 МГц використовується для передачі даних та голосу від мобільного (стаціонарного) абонента до базової станції, а полоса 935-960 МГц для передачі повідомлень з базової станції абоненту [1]. У GSM 1800 смуга частот 1710-1785 МГц використовується для передачі даних та голосу від мобільного (стаціонарного) абонента до базової станції, а смуга частот 1805-1880 МГц використовується для передачі повідомлень від базової станції абоненту [6].

В Україні існує три основні компанії які надають послуги в стандартах GSM:

- Компанія «Vodafone-Україна» займає близько 32,5 % частот GSM 1800 та 22 % GSM 900 [3].

- Компанія «Київстар» займає близько 44,4% частот в спектрі GSM 1800 та 60% в спектрі GSM 900 [4].

- Компанія «Lifecell» займає близько 16,8 % частот GSM 1800 та 18 % частот GSM 900 [5].

Взагалі GSM надають такі послуги:

- Передавання голосової інформації.
- Передавання факсів.
- Передавання мультимедійних повідомлень (MMS).
- Передавання коротких повідомлень (SMS).
- Передавання текстових інформаційних повідомлень.
- Послуга передавання даних (синхронний та асинхронний обмін даними, в тому числі пакетна передача даних – GPRS).

Записи стандартів стільникових мереж 1G, 2G, 2.5G, 3G часто можна знайти в літературі та періодичних виданнях. Таким чином, розробники та виробники визначають, чи належить стандартна чи конкретна модель до одного з поколінь стільникового зв'язку.

Друге покоління, або 2G, мобільного зв'язку включає в себе такі технології як GSM, IS-95, PHS, який використовується в Японії, PDC та деякі інші, прийняті на

озброєння в різних країнах. Еволюційним етапом на цьому шляху розвитку телекомунікацій є покоління «2,5 G», що означає застосування в мережах технології GPRS. Теоретично швидкість передачі даних за допомогою GPRS може становити максимально 171,2 Кбіт/сек, але на практиці вона коливається в межах 56 Кбіт/сек, що тим не менше підвищує привабливість технології, заснованої на пакетній комутації, в порівнянні з більш повільними в передачі даних способами, заснованими на комутації каналів. GPRS застосована в багатьох стільникових мережах стандарту GSM, а наступний етап у цій технології – EDGE, який використовує складніші схеми кодування інформації – дозволяє підняти швидкість передачі даних до 473,6 Кбіт/с в теорії і до 180 Кбіт/сек на практиці. Мережі, розгорнуті із застосуванням EDGE, зараховують до покоління «2,75 G». Поліпшений GPRS це і є EDGE. GSM/EDGE складають один з рівнів доступу 3G/UMTS – GERAN [7].

Сьогодні мережі EDGE, UMTS(3G) і LTE тісно конкурують с GSM. Наступним поколінням мобільного зв'язку можна назвати стандарт UMTS, або 3G. Через те, що майже вся Україна забудована базовими станціями з мобільним зв'язком третього покоління. На рисунку 1.3., 1.4., 1.5. [8] зображене покриття трьох основних і головних операторів України.

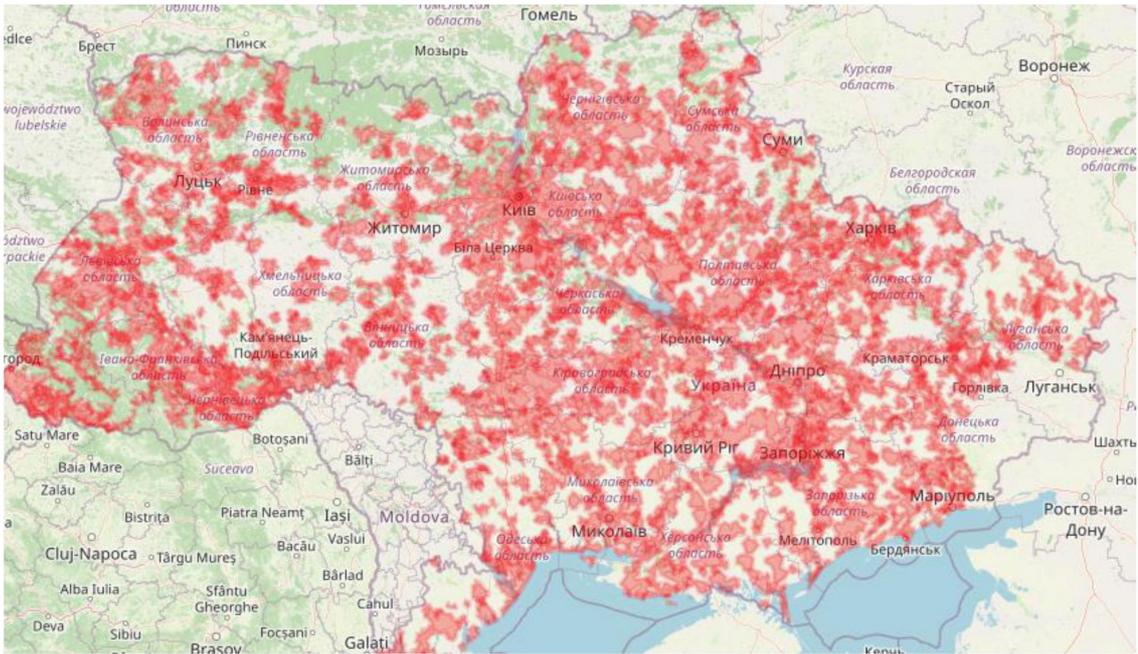


Рисунок 1.3 – 3G покриття мобільним оператором Vodafone

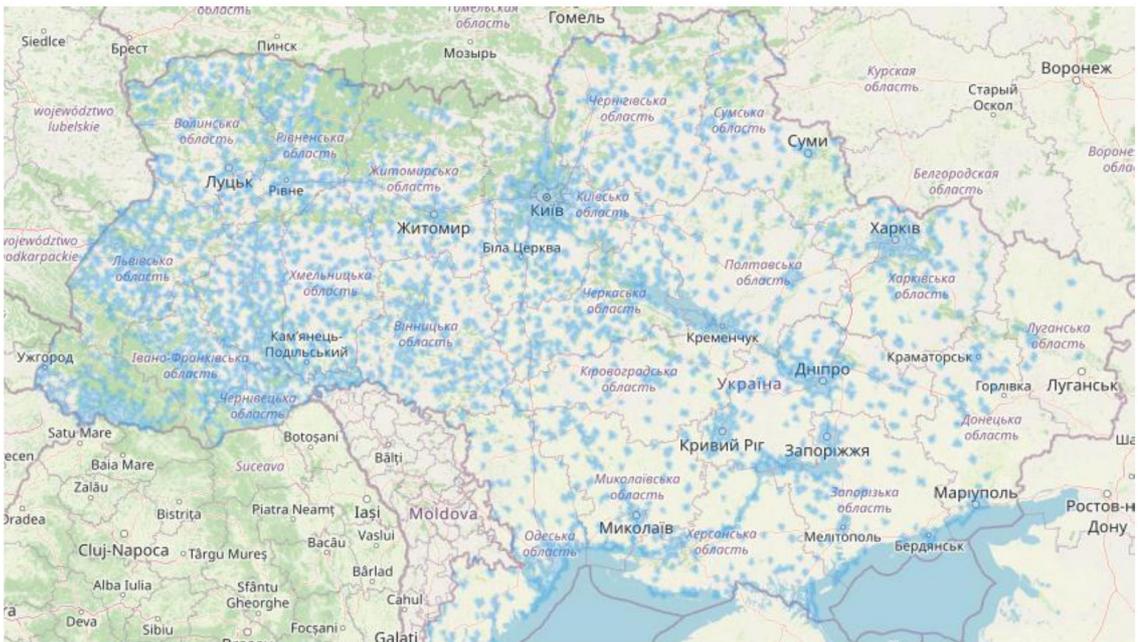


Рисунок 1.4 – 3G покриття мобільним оператором Київстар

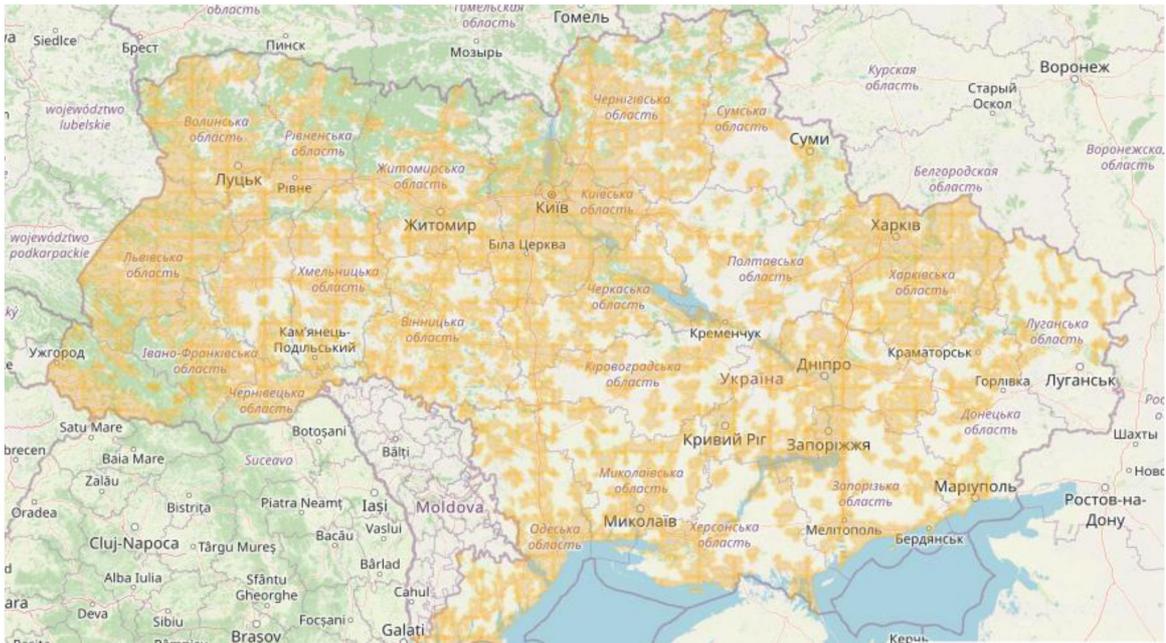


Рисунок 1.5 – 3G покриття мобільним оператором lifecell

Універсальна Мобільна Телекомунікаційна Система – стільникова технологія, розроблена Європейським інститутом стандартів телекомунікацій (ETSI) для впровадження 3G в Європі. Як спосіб передачі даних через повітряний простір використовується технологія W-CDMA, стандартизована відповідно до проекту 3GPP, відповідь європейських вчених і виробників на вимогу IMT-2000, опублікована Міжнародним союзом електрозв'язку як набір мінімальних критеріїв мережі мобільного зв'язку третього покоління [9].

З метою відмінності від конкуруючих рішень, UMTS також часто називають 3 GSM з метою підкреслити належність технології до мереж 3G і його спадкоємність у розробках мереж стандарту GSM [9].

UMTS, використовуючи розробку W-CDMA, дозволяє підтримувати потік даних на теоретичному рівні до 21 Мбіт / с. (при використанні HSPA +) [10]. В даний час вважається, що найвищою швидкістю є 384 кбіт / с для мобільних станцій R99 та 7,2 Мбіт / с для станцій HSDPA в режимі передачі даних від базової станції до мобільного терміналу [10].

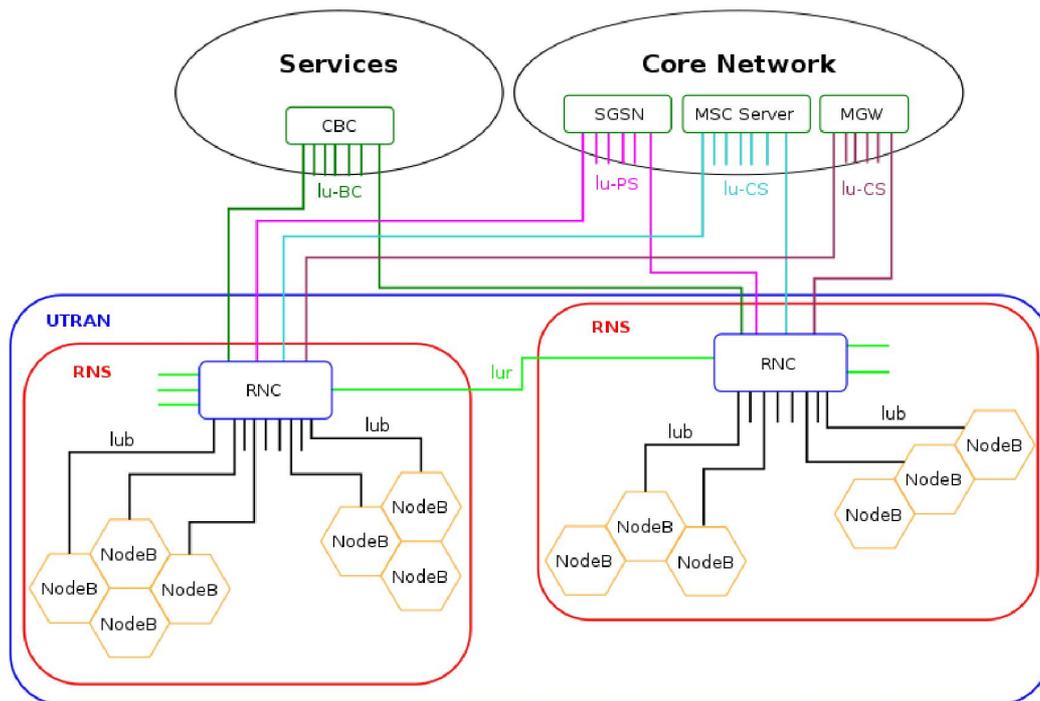


Рисунок 1.6 – Архітектура мережі UMTS

З 2006 року мережі UMTS використовують високошвидкісну технологію передачі пакетних даних від базової станції до мобільного терміналу HSDPA, який вважається частиною мереж покоління "3,5 G". До початку 2008 року HSDPA підтримувала швидкість передачі даних в режимі «від базової станції до мобільного терміналу» до 7,2 Мбіт/сек. Також ведуться розробки щодо підвищення швидкості передачі даних в режимі від мобільного терміналу до базової станції HSUPA. У довгостроковій перспективі, згідно з проектами 3GPP, планується еволюція UMTS в мережі четвертого покоління 4G, що дозволяють базовим станціям передавати і приймати інформацію на швидкостях 100 Мбіт/сек і 50 Мбіт/сек відповідно, завдяки вдосконаленому використанню повітряного середовища за допомогою мультиплексування з ортогональним частотним (скоріше за все, мається на увазі фазовим) поділом сигналів OFDM [11].

За допомогою терміналу мобільного зв'язку, UMTS надає змогу користуватися відео-дзвінками та конференціями, але досвід операторів зв'язку в Японії та деяких інших країнах свідчить про низький рівень інтересів абонентів до даної послуги. Розвиток послуг, які надають змогу до завантаження такого

матеріалу як музика та відео, здається набагато перспективнішим: високий попит на ці послуги продемонстровано у мережах 2,5 G [11].

Радіо-інтерфейс UMTS використовує пару каналів з пропускнуою здатністю 5 МГц. Для порівняння, конкуруючий стандарт CDMA 2000 використовує один або кілька каналів з пропускнуою здатністю 1,25 МГц для кожного з'єднання. Також є недолік комунікаційних мереж, що використовують W-CDMA: неекономне використання спектру та необхідність звільнення частот, які вже використовуються іншими службами, що уповільнює розгортання мережі [10].

Хоча технології стандарту GSM мають високий рівень, попри все вони мають недоліки над технологіями UMTS.

UMTS та GSM використовують різні механізми на рівні повітряного інтерфейсу, тому несумісні. Однак останні розробки мобільних терміналів та карток доступу UMTS, що продаються в Європі, США, Північній Африці та більшості Азії, дозволяють працювати в мережах обох стандартів. Якщо абонент UMTS покидає зону покриття UMTS, його термінал автоматично перемикається на прийом та передачу сигналів GSM (навіть якщо мережі обслуговуються різними операторами). Однак мобільні термінали GSM не можна використовувати в мережах UMTS [10].

Через те, що порядок розподілу спектра не відповідає рекомендаціям Міжнародного союзу електрозв'язку, і як наслідок, UMTS не може бути розміщений у спектрі, визначеному розробниками. Саме через цю проблему, виробнику необхідно покращувати обладнання.

Досвід експлуатації мережевих пристроїв GSM говорить про те, що зовсім скоро на ринку з'явиться таке обладнання, яке зможе відповідати вимогам споживачів у всіх країнах, але його ціна буде набагато вищою, ніж у поточних пропозиціях. Саме це і стане Міжнародним стандартом, що знизить витрати в цій галузі.

Користувачі можуть отримати доступ до служби передачі даних UMTS незалежно від типу комп'ютера, що використовується через мобільний маршрутизатор, який використовує PCMCIA або USB. Деяке програмне

забезпечення встановлюється автоматично, коли операційна система виявляє модем. Для встановлення мережевого з'єднання не потрібні додаткові знання.

Використання мобільного терміналу, що має доступ до мереж 3G в якості маршрутизатора (модему), дозволяє підключатися до Інтернету за допомогою ноутбуків Bluetooth або USB, різних марок та виробників.

З самого початку розвитку, стандарт UMTS мав такі недоліки:

- Невеликий радіус стільника (для повноцінного надання послуг він становить 1-1,5 км).
- Технологічні складнощі коректного здійснення хендвера між мережами UMTS і GSM.
- Відносно висока вага мобільних терміналів поряд з низькою ємністю акумуляторних батарей.

На даний момент, найголовніша проблема цих мереж – це висока енерговитрата, якщо порівнювати з GSM. Саме через те, що присутня велика енерговитрата, життя акумуляторів помітно зменшується, а це все лишні витрати грошей.

Щоб вирішити, який саме стандарт більше підходить та буде менш затратним, ми детальніше розглянемо стандарт CDMA.

CDMA став першим цифровим стандартом, що забезпечує найкращий захист від шуму, захист від прослуховування та якість передачі голосу за допомогою голосового кодека. Розроблений Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів (ETSI), він почав впроваджуватися в 1991 році і поступово став найпоширенішим. Вже в 1993 році Qualcomm розробив альтернативний стандарт IS-95 (cdmaOne) на основі технології CDMA, який почав впроваджуватися в 1995 році [12]. На *рисунку 1.7.* наведена спрощена структурна схема, що пояснює принцип роботи системи стандарту CDMA.

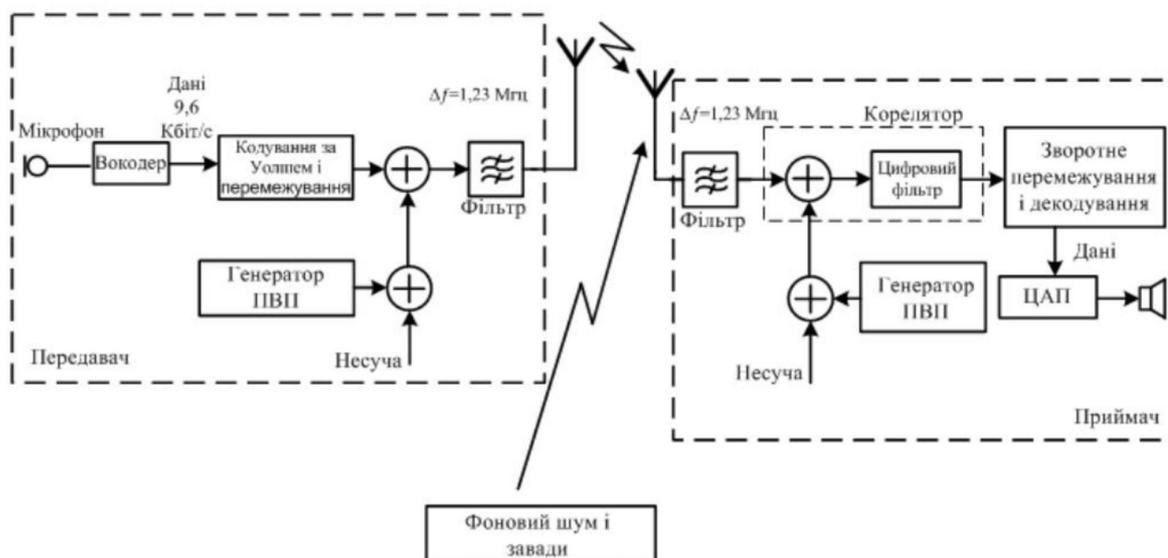


Рисунок 1.7 – Принцип роботи системи стільникового зв'язку стандарту CDMA

CDMA, у свою чергу, використовує сигнали кодового поділу. Кожен абонент, підключений до базової станції, використовує весь доступний частотний ресурс, загальний для всіх абонентів, і базова станція обмінюється даними з кожним з них одночасно. Сигнал від конкретного користувача призначається за допомогою модуляції коду - кожному абоненту присвоюється певний "код", що дозволяє йому відрізнитися від загальної трансляції [12]. Велику роль у цьому відіграє код Уолша.

На сьогодні стандарт CDMA має такі переваги як:

- Високий рівень захисту сигналу. Він є більш надійним в цьому плані, ніж стандарт GSM.
- Всі телефони, які працюють на цьому стандарті - мають хороший рівень екологічної безпеки. Це все відбувається завдяки сигналу, у якого потужність на рівні шуму.
- CDMA в порівнянні з GSM, надає свої послуги за нижчою ціною. А одна така базова станція забезпечує більшу територію зв'язком, тому і число абонентів більше. Всі ці фактори зменшують витрати на будівництво та підтримку даної мережі.

Розглянувши цей стандарт мобільного зв'язку, тепер ми можемо зробити деякі висновки, чому ж саме GSM використовують, а CDMA майже ні.

Для операторів, однією з перевагою CDMA – є більший діапазон роботи, простіше налаштування, вони витримують більше навантаження і їх завжди можна адаптувати під конкретні задачі. Оператори CDMA можуть охоплювати більшу територію за допомогою меншої кількості пристроїв, які простіше налаштувати.

Після підбитих підсумків, ми можемо назвати мережу CDMA кращою, ніж GSM. Так чому на сьогодні, майже всі абоненти користуються послугами стандарту GSM? На все це є проста причина. GSM уже існував до появи CDMA, тому нові технології потребували більшу кількість затрат, та телефони які працювали на цьому стандарті, коштували значно дорожче та не були сумісні з GSM-аналогами.

Крім того, виникла проблема з комфортом користувача. У мережі GSM ідентифікатор абонента - це SIM-карта, що зберігає інформацію, необхідну оператору. Користувач, який хоче змінити старий мобільний телефон на новий, просто переставляв SIM-карту. Для роботи в мережах CDMA необхідні дані записувались (прошивались) у самому телефоні, в принципі він не мав гнізда для SIM-карти. Тому зміна мобільного телефону вимагала відвідування салону оператора, і цей телефон не міг використовуватись в інших країнах, наприклад користування роумінгом [13]. Аналог SIM-карти для CDMA з'явився в 2002 році і мав назву R-UIM. В Україні, на ринку мобільного зв'язку, оператори стандарту CDMA займають малу частину всього ринку.

Тому якщо взяти до уваги всі плюси та мінуси, можна дійти висновку, що всі ці технології з точки зору споживача виглядають ідентично. Вибір залишається тільки в операторі та його покритті.

Більша частина людей віддає перевагу саме GSM-операторам. Тому і об'єктом мого дослідження - є аналіз покриття GSM мережі в місті Лубни.

1.2 Аналіз покриття мережею GSM Полтавської області

Для того щоб розпочати дослідження мережі в місті Лубни, спочатку потрібно проаналізувати всю область, а саме Полтавську. Потрібні такі дані як: населення, площа, рельєф та кількість базових станцій трьох основних операторів зв'язку.



Рисунок 1.8 – Полтавська область

- Станом на 1 березня 2021 року, населення Полтавської області становить – 1368833 осіб.
- Площа Полтавської області становить 28 748 км².
- Рельєф - поверхня області має загальний нахил з півночі - північного сходу на південь - південний захід. Загалом весь рельєф Полтавської області – це рівнини та низовини.

Рельєф відіграє не менш важливу частину у розташуванні базових станцій, саме через це і змінюється кількість базових станцій та територію, яку вони покривають.

Станом на 13.04.21 оператори мають таку кількість БС GSM в районі Полтавської області:

- Vodafone має 815 базових станцій, всі вони від компанії Huawei.21
- Lifecell має 229 базових станцій і всі вони від виробника Huawei.8
- Київстар має 666 базових станцій, всі вони від компанії ZTE.11

В місті Лубни нараховується 40 БС з них:

- Vodafone має 21 базових станцій, всі вони від компанії Huawei.
- Lifecell має 8 базових станцій і всі вони від виробника Huawei.

- Київстар має 11 базових станцій, всі вони від компанії ZTE.

1.3 Обґрунтування необхідності розгортання системи стільникового зв'язку міста Лубни

Лубни – це місто в Полтавській області, адміністративний центр Лубенського району.

Населення Лубен не дуже велике, а саме – 47845 осіб, станом на 1 березня 2012 року.

Площа цього міста становить – 29,93 км²

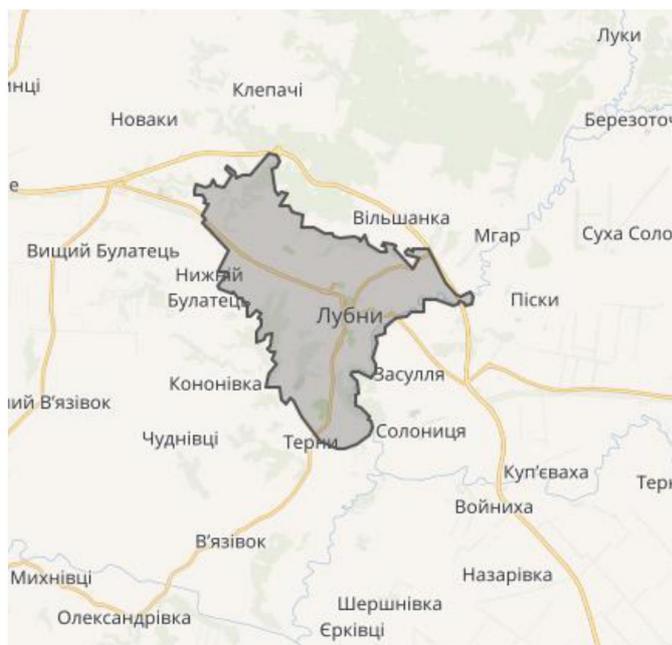


Рисунок 1.9 – місто Лубни

Сьогодні Лубни – значний промисловий, економічний і культурний центр. В місті багато заводів, закладів навчання та інших інфраструктур. В теперішній час мобільний зв'язок в місті бажає бути кращим, тому що постійно з'являються поломки на базових станціях, іноді не вистачає швидкості передачі даних. Дуже рідко виникає перенавантаження мережі. Кожного року в місто приїжджає багато людей та туристів в оздоровчі бази. Мобільний зв'язок постійно еволюціонує та

розвивається, саме тому Лубнам для швидкого розвитку необхідний якісний та швидкий мобільний зв'язок.

Висновки до першого розділу

В першому розділі дипломної роботи були досліджені та проаналізовані стандарти мобільного зв'язку, а саме: UMTS, CDMA, GSM. До кожного стандарту, було представлено спектри частот та схеми роботи. Зрівняли всі стандарти один з одним. Також були вивчені переваги та недоліки стандартів CDMA та GSM третього покоління. В результаті можна зробити висновок, що використання стандарту GSM є набагато вигіднішим, і тому цей стандарт (GSM-1800) буде використовуватися при розрахунках.

Було представлено покриття 3G по всій Україні від кожного оператора. Було проаналізовано обладнання кожного оператора, а саме: кількість базових станцій та на якому обладнанні вони працюють.

І в самому кінці було наведено декілька фактів, чому саме мобільний зв'язок в стандарті GSM необхідний для користування та розвитку в місті Лубни.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

2.1 Основні розрахунки для розташування та моделювання БС на основі GSM – 1800

Перед тим, як виконувати розрахунки потрібно занести вхідні дані то *таблиці* 2.1.

Таблиця 2.1

Вхідні дані для розрахунків

Територія зони обслуговування	Стандарт, що використовується	Смуга частот, МГц		Число абонентів мережі, тис. чол.	Площа зони обслуговування, км ²
		на базову станцію (uplink)	на абонентську станцію (downlink)		
м. Лубни	GSM-1800	1710–1785	1805–1880	47,8	29,93

Перш за все, перед моделюванням БС на карті даної місцевості, потрібно визначити кількість стільників в місті, яка необхідна для забезпечення зв'язку та абонентської ємності. Площу, радіус цього стільника, та кількість абонентів, які будуть обслуговуватись в межах одного стільника.

За основу стільникового зв'язку – візьмемо кластер типу 4/12, зображений на рисунку 2.1.

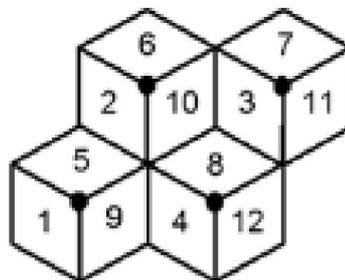


Рис 2.1. Тип кластеру 4/12

Даний тип кластеру має 12 секторів, а кожен стільник має по три частотних канали. Перш за все, занесемо вхідні дані до *таблиці 2.2*, а саме всі частотні діапазони для uplink (↑) та downlink (↓).

Таблиця 2.2.

Діапазони всіх частот для кластеру типу 4/12 uplink (↑) та downlink (↓)

№ з/п	№ сектора	Uplink (↑) 1710-1712,4 МГц	Downlink (↓) 1805-1807,4 МГц
1.	1	1710-1710,2	1805-1805-,2
2.	2	1710,2-1710,4	1805-,2-1805-,4
3.	3	1710,4-1710,6	1805-,4-1805-,6
4.	4	1710,6-1710,8	1805-,6-1805-,8
5.	5	1710,8-1711	1805-,8-1806
6.	6	1711-1711,2	1806-1806,2
7.	7	1711,2-1711,4	1806,2-1806,4
8.	8	1711,4-1711,6	1806,4-1806,6
9.	9	1711,6-1711,8	1806,6-1806,8
10.	10	1711,8-1712	1806,8-1807
11.	11	1712-1712,2	1807-1807,2
12.	12	1712,2-1712,4	1807,2-1807,4

Оскільки для розрахунку був обраний кластер типу 4/12, то в кожному стільнику буде по 3 сектори. Тепер потрібно скласти розподіл частотних каналів для всіх стільників до *таблиці 2.3*.

Таблиця 2.3.

Розподіл частотних каналів, для всіх стільників даного типу кластеру

1 стільник		
Номер сектору	Uplink (↑), МГц	Downlink (↓), МГц
1 сектор	1710-1710,2	1805-1805,2
5 сектор	1711,6-1711,8	1806,6-1806,8
9 сектор	1713,2-1713,4	1808,2-1808,4
2 стільник		
Номер сектору	Uplink (↑), МГц	Downlink (↓), МГц
2 сектор	1710,4-1710,6	1805,4-1805,6
6 сектор	1712-1712,2	1807-1807,2
10 сектор	1713,6-1713,8	1808,6-1808,8
3 стільник		
Номер сектору	Uplink (↑), МГц	Downlink (↓), МГц
3 сектор	1710,8-1711	1805,8-1806
7 сектор	1712,4-1712,6	1807,4-1807,6
11 сектор	1714-1714,2	1809-1809,2
4 стільник		
Номер сектору	Uplink (↑), МГц	Downlink (↓), МГц
4 сектор	1711,2-1711,4	1806,2-1806,4
8 сектор	1712,8-1713	1807,8-1808
12 сектор	1714,4-1714,6	1809,4-1809,6

Після занесення даних до *таблиці 2.3*, отримано такий результат:

- Загальне число частотних каналів у кластері, складає – 12 одиниць.
- Загальне число частотних каналів у стільнику, складає – 3 одиниці.

Відповідно за кількістю частотних каналів у комірці, а саме 3 одиниці, згідно з *таблицею 2.3*. отримано 21 канал трафіку.

За допомогою таблиці Ерланга, потрібно визначити число середнього трафіку за годину для одного абонента, в найбільш завантажений час.

Звернувшись до таблиці отримуємо такі результати:

- Допустимий трафік у стільнику $A_{ст}=13,7$ Ерл, це при $p_{відм} = 2\%$ відмов.

Згідно цих даних, потрібно знайти за допомогою калькулятора Ерланга - число середнього трафіку для одного абонента, в найбільш завантажений час.

Так як, Лубни - це середнє за розміром місто. Середній трафік в кожного абонента становить - $A_0 = 0,015$ Ерл.

Виконуємо розрахунки:

- Згідно даних, потрібно розрахувати максимальне число абонентів, в межах одного стільника, за формулою [16]:

$$M_{ст} = \frac{A_{ст}}{A_0} = \frac{13,7}{0,015} = 913 \text{ [аб]},$$

де $A_{ст}$ – допустимий трафік у стільнику, Ерл;

A_0 – середній трафік абонента в найбільш навантажений час, Ерл.

- Тепер потрібно визначити кількість потенційних абонентів в даній мережі, за формулою [1]:

$$N_A = Z \cdot \mu \cdot \rho \cdot S = 1,1 \cdot 1050 \cdot 29,9 = 34\,534 \text{ [ос]},$$

де Z – запланована доля ринку ($Z = 80\%$, не враховуючи населення, старше 12 років, та літніх людей);

μ – проникність даного типу сервісу в Україні (для стільникового зв'язку $\mu=1,1$);

ρ – щільність населення, чол./км², розраховується як відношення кількості населення в місті $N_{\text{нас}}$ до площі території, яку займає місто, $S_{\text{тер}}$;

S – площа території, на якій розгортають систему стільникового зв'язку, км².

- Далі потрібно визначити пропускну здатність даної мережі, для якісного надання послуг абонентам, за формулою [1]:

$$A_A = N_A \cdot A_0 = 34534 \cdot 0,015 = 268,$$

де A_0 – інтенсивність трафіку одного абонента, в найбільш навантажений час;
 N_A – кількість потенційних абонентів в мережі.

- Тепер потрібно визначити кількість базових станцій, за формулою [16]:

$$N_{\text{БС}} = \frac{A_A}{A_{\text{БС}}} = \frac{268}{9,9} = 27[\text{бс}],$$

де A_A – пропускна здатність мережі;

$A_{\text{БС}}$ – інтенсивність трафіку, що створюється на одній базовій станції.

- На даному етапі необхідно визначити кількість стільників в місті, за формулою [16]:

$$q_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{мер}}}{M_{\text{ст}}} = \frac{47800}{913} = 52[\text{ст}],$$

де $M_{\text{мер}}$ – загальна площа для розміщення стільників;

$M_{\text{ст}}$ – максимально допустима кількість абонентів в стільнику.

- Після того, як стала відома кількість стільників в мережі, необхідно знайти загальну площу одного стільника, за формулою [16]:

$$S_{\text{ст}} = \frac{S_{\text{мер}}}{q_{\text{ст}}} = \frac{29,9}{52} = 0,575 [\text{км}^2],$$

де $S_{\text{мер}}$ – площа даної мережі;

$q_{\text{ст}}$ – кількість стільників в даній мережі.

- Кінцевим розрахунком, буде визначення радіусу стільника, за формулою [16]:

$$R_{ст} = \frac{\sqrt{S_{ст}}}{\sqrt{0,65}} = \frac{\sqrt{0,575}}{\sqrt{0,65}} = 0,937[\text{км}],$$

де $S_{ст}$ – загальна площа стільника.

Всі ці обраховані дані потрібно занести до *таблиці 2.4.*

Таблиця 2.4.

Обраховані дані

Кількість частот в стільнику	3
Кількість частот в кластері типу 4/12	12
Допустиме число абонентів в стільнику, $M_{ст}$	913
Кількість потенційних абонентів в мережі, N_A	34 534
Пропускна здатність мережі, A_A	268
Кількість базових станцій в мережі, $N_{БС}$	27
Число стільників в мережі, $q_{ст}$	52
Площа стільника, $S_{ст}$	0,575
Радіус кожного стільника в даній мережі, $R_{ст}$	0,937

2.2 Розташування та моделювання БС стандарту GSM-1800.

Тепер отримавши всі результати, є можливість змоделювати аналог базової станції на карті місцевості міста Лубни, за допомогою програми *Atoll*.

Для початку потрібно завантажити карту місцевості на сайті[15], та скористуватися панеллю налаштування, як показано на *рисунок 2.1.*

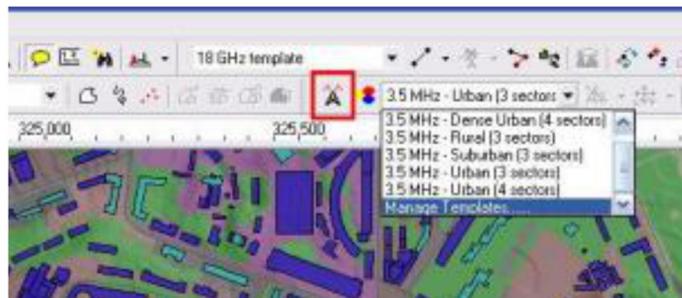


Рисунок 2.1 – Панель налаштування

У вікні, що відкрилося, потрібно вибрати БС, яка задовільняє вимоги параметрів, що були розраховані вище. Обов'язково потрібно вибрати налаштування urban – параметр, який працює лише для міста *рисунок 2.2*.

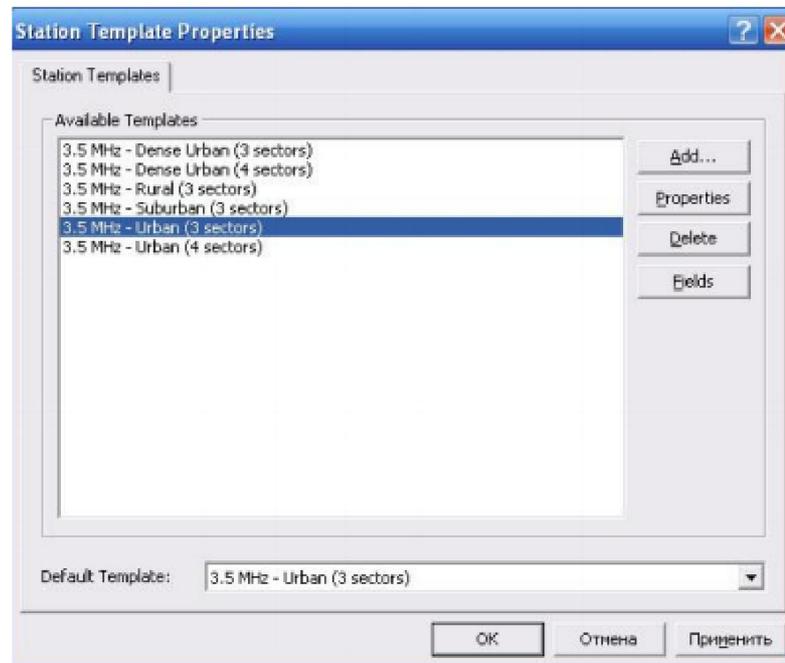


Рисунок 2.2 – Вибір конфігурації БС

Далі обираємо точку розташування нашої БС *рисунок 2.3*. В основному це високі будівлі або різке підвищення рельєфу.

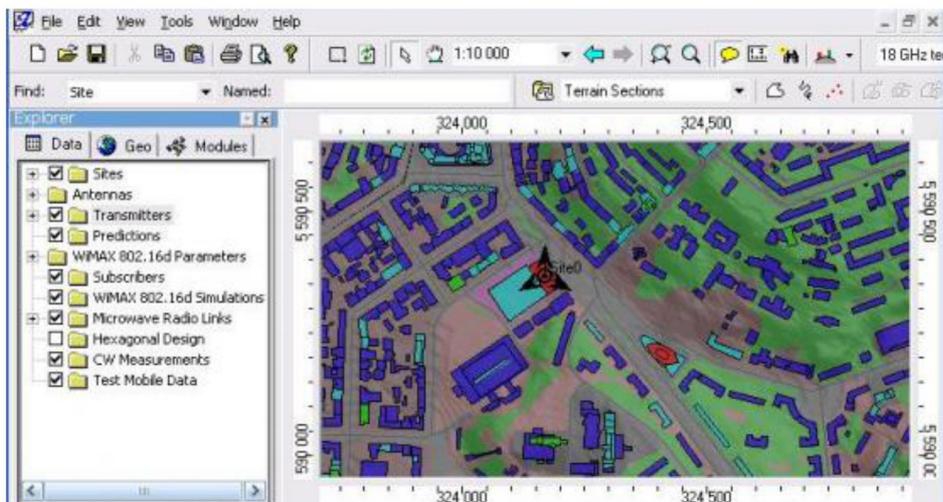


Рисунок 2.3 – Розташування БС

Щоб дана програма запрацювала, та побудувала модель покриття нашої БС, потрібно натиснути на вкладку «Predictions». А в новому вікні натиснути «New», як зображено на *рисунку 2.4*.

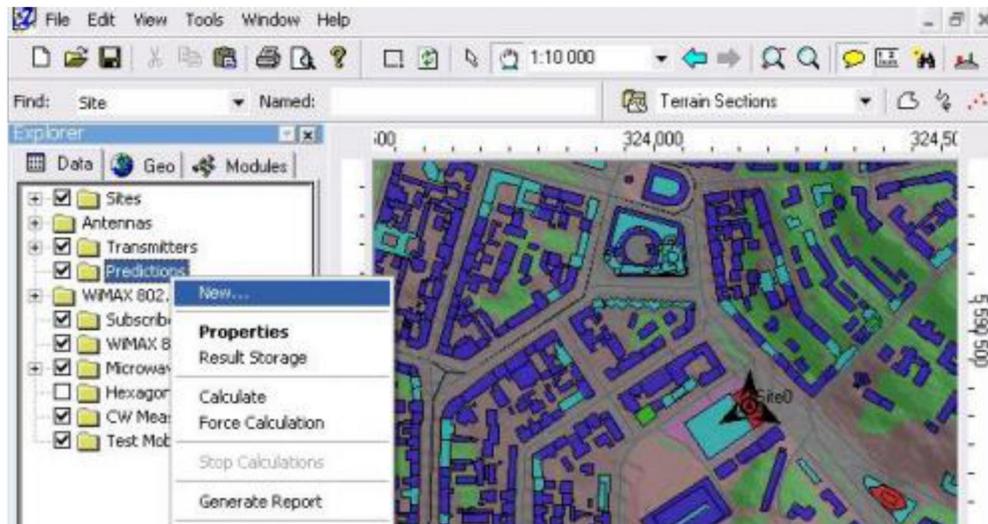


Рисунок 2.4 – Порядок налаштування моделювання

Після того, як розташували власну БС. Потрібно скористуватися результатами наших розрахунків. Занести всі дані в програму, а вже потім програма змодельює нашу мобільну мережу *рисунки 2.5, 2.6, 2.7, 2.8*.

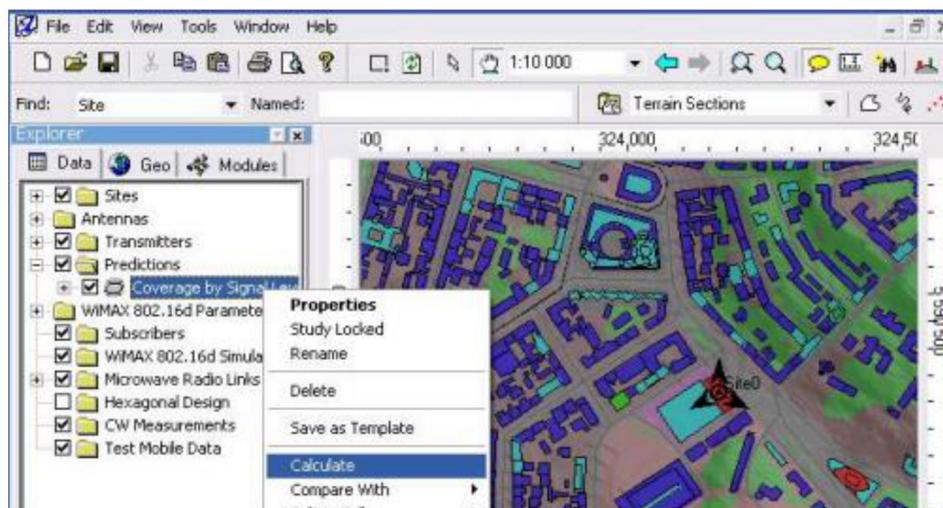


Рисунок 2.5 – Команда для розрахунку покриття

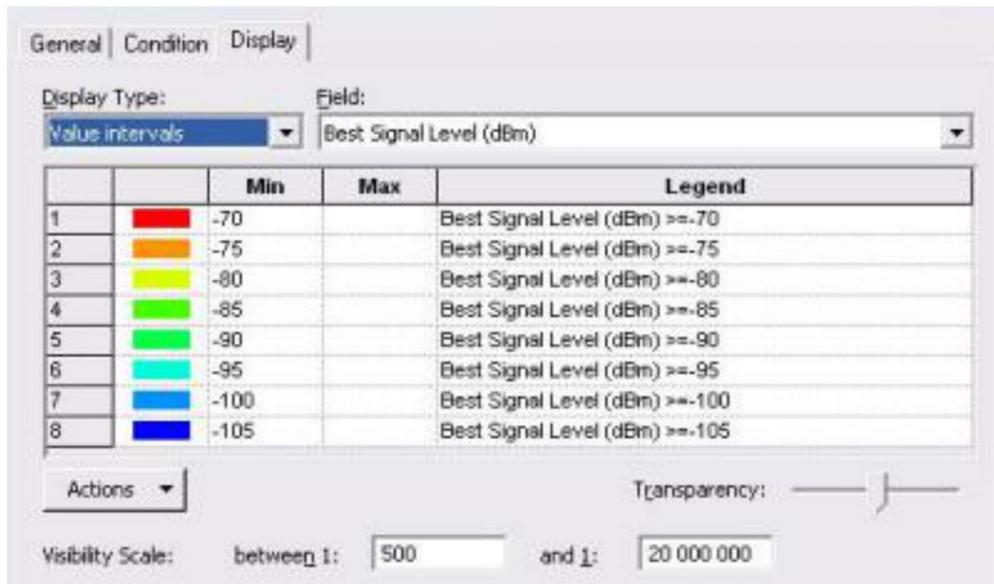


Рисунок 2.6 – Відображення діапазону частот

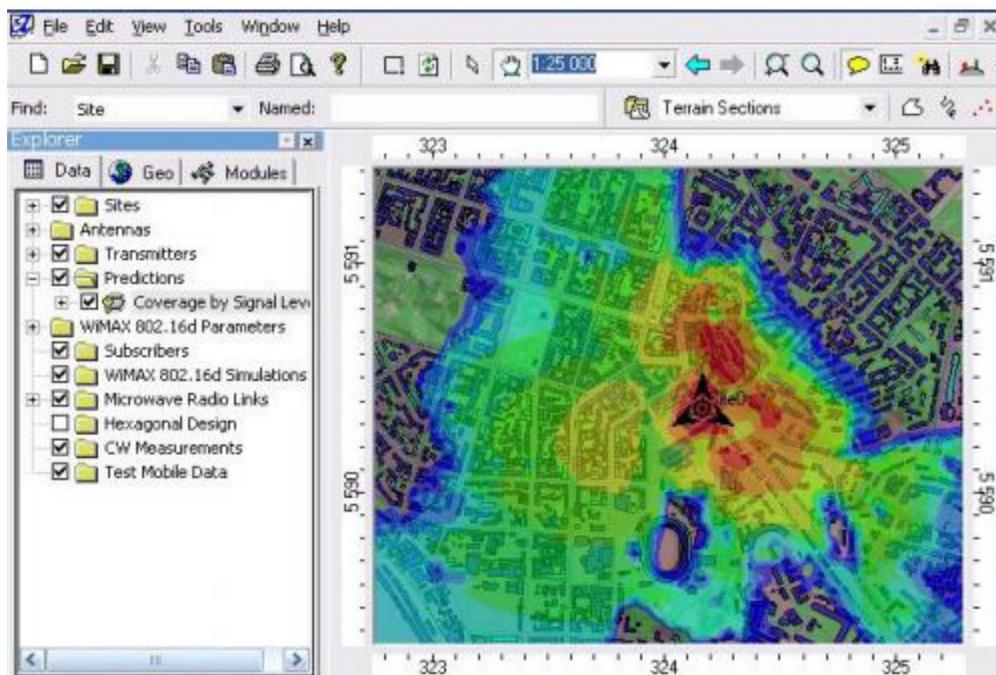


Рисунок 2.7 – Результат моделювання сигналу

Саме так потрібно змодельовати повну систему мобільного зв'язку, розташувати всі БС по території міста Лубни.

Таким чином за допомогою програми *Atoll*, було змодельовано систему мережі БС стандарту GSM-1800. В процесі даної роботи, було обрано кластер типу 4/12 оскільки він найбільш підходить для даного типу місцевості. В даній системі недоліків не було виявлено, отже система розрахована коректно. Даний тип кластеру був обраний за його завадостійкість, адже він має великий захисний інтервал.

2.3 Забезпечення балансу потужності в стільника втрати на трасі

Після того, як виконано розрахунки в першій частині. Потрібно приступити, до другого етапу – забезпечення балансу потужності в стільнику. Щоб отримати цей баланс, необхідно врахувати всі методи проходження сигналу.

За допомогою логарифмів в фідерах, втрат на трасі та коефіцієнтів підсилення антен, або різних підсилювачів – можливо розрахувати так звану трасу мережі. В цих формулах потужність виражається в децибелах на міліват.

$$P (\text{дБм}) = 10 \lg P (\text{мВт}).$$

Звідси обумовлюється два рівняння балансу потужності [16]:

- Рівняння балансу потужності за напрямком вгору визначається за формулою [16]:

$$P_{in \text{ БС}} = P_{out \text{ АС}} - L_f \text{ АС} + G_a \text{ АС} - L_p + G_a \text{ БС} + G_d \text{ БС} - L_f \text{ БС}.$$

- Рівняння балансу потужності за напрямком вниз визначається за формулою [16]:

$$P_{in \text{ АС}} = P_{out \text{ БС}} - L_f \text{ БС} + G_a \text{ БС} - L_c - L_p + G_d \text{ АС} - L_f \text{ АС},$$

де $P_{in \text{ БС}}$, $P_{in \text{ АС}}$ – це потужність на вході приймачів;

$P_{out \text{ БС}}$, $P_{out \text{ АС}}$ – це потужність на виході передавачів;

$G_a \text{ БС}$, $G_a \text{ АС}$ – коефіцієнт підсилення антен;

$L_{f\text{ БС}}, L_{f\text{ АС}}$ – втрати на фідерах;

L_c – втрати на комбайнері;

L_p – втрати на трасі;

$G_{d\text{ БС}}$ – покращення за рахунок рознесеного прийому сигналів на БС.

Щоб все працювало, необхідно знайденим величинам перевищувати чутливість АС і БС. Коли виникне така ситуація, що величини будуть менше, ніж чутливість цих станцій, потрібно збільшити висоту від землі до антени БС, також потрібно зменшити радіус нашого стільника.

Так як діапазон 1800 МГц розрахунки будуть проведені на моделі COST 231. Для такого діапазону деякі величини є сталими: $F=1700-2000\text{ МГц}$, $H_{\text{БС}}=30-200\text{ м}$, $H_{\text{АС}}=1-10\text{ м}$.

Для кожної місцевості, відрізняють свої формули розрахунку, так як місто Лубни – це середнє місто, яке має середнє засадження, скористаємося такою формулою [16]:

$$L_{\text{ср}} = 48,55 + 35,4\lg F - 13,82\lg H_{\text{БС}} - (1,1\lg F - 0,7)H_{\text{АС}} + (44,9 - 6,55\lg H_{\text{БС}})\lg R,$$

де F – частота сигналу, МГц;

$H_{\text{БС}}$ – ефективна висота підйому антени базової станції, м;

$H_{\text{АС}}$ – висота антени рухомого станції над землею, м;

R – відстань між передавачем і приймачем, км.

- За допомогою даної формули, потрібно розрахувати втрати на трасі для напрямку Uplink. Для розрахунку обрано такі вхідні дані: $F=1711,2\text{ МГц}$, $H_{\text{БС}}=60\text{ м}$, $H_{\text{АС}}=2\text{ м}$, $R=0,937\text{ км}$

$$L_{\text{ср}} = 48,55 + 35,4\lg 1711,2 - 13,82\lg 60 - (1,1\lg 1711,2 - 0,7)2 + (44,9 - 6,55\lg 60)\lg 0,937 = 133,39\text{ [дБ]}.$$

$$L_p = 133,39 + 5,44 + 12 = 150,83 \text{ [дБ]}.$$

Згідно отриманих даних, тепер можливо розрахувати баланс потужності за напрямком вгору:

$$P_{in\ BC} = 30 - 0 + 0 - 150,83 + 16 + 3 - 2 = -103,83 \text{ [дБм]},$$

де $P_{out\ AC} = 30$ дБм за стандартом.

- Для обчислення втрат на трасі, для напрямку Downlink обрано такі вхідні дані: $F=1806,2$ МГц, $H_{BC}=60$ м, $H_{AC}=2$ м, $R=0,937$ км

$$L_{cp} = 48,55 + 35,4 \lg 1806,2 - 13,82 \lg 60 - (1,1 \lg 1806,2 - 0,7) \cdot 2 + (44,9 - 6,55 \lg 60) \lg 0,937 = 134 \text{ [дБ]}.$$

$$L_p = 134 + 5,44 + 12 = 151,44 \text{ [дБ]}.$$

Згідно отриманих даних, тепер можливо розрахувати баланс потужності за напрямком вниз:

$$P_{in\ AC} = 44,5 - 2 + 16 - 3 - 151,44 + 0 - 0 = -95,94 \text{ [дБм]},$$

де $P_{out\ BC} = 44,5$ дБм, так як потужність передавача БС близько 28 Вт.

Всі дані, знайдені в результаті розрахунків потрібно занести до таблиці 2.5

Таблиця 2.5.

Результати розрахунків

Траса вниз БС => АС														
F, МГц	H _{BC} , м	H _{AC} , м	R, км	L _{см} , дБ	ΔP _σ , дБ	L _{доль} , дБ	P _{outBC} , дБм	L _{fBC} , дБ	G _{aBC} , дБ	L _c , дБ	L _p , дБ	G _{aAC} , дБ	L _{fAC} , дБ	P _{inAC} , дБ
1806,2	60	2	0,937	134	5,44	12	44,5	2	16	0	151,44	0	0	-95,94
Траса вверх АС => БС														
F, МГц	H _{BC} , м	H _{AC} , м	R, км	L _{см} , дБ	ΔP _σ , дБ	L _{доль} , дБ	P _{outAC} , дБм	L _{fAC} , дБ	G _{aAC} , дБ	L _p , дБ	G _{aBC} , дБ	G _{dBC} , дБ	L _{fBC} , дБ	P _{inBC} , дБ
1711,2	60	2	0,937	133,39	5,44	12	30	0	0	150,83	16	3	2	-103,83

2.4 Розрахунок електроживлення базової станції

У мережах стільникового зв'язку велику роль відіграють джерела безперебійного живлення. Коли виникає проблема в електромережі, вся система переходить на альтернативне джерело живлення (ДЖБ). Альтернативним джерелом живлення називають акумуляторні батареї. Акумулятори – хімічні джерела струму другого типу, вони є вторинним елементом живлення. Всі батареї на БС підтримують один із трьох станів – черговий, аварійний та поставарійний. Так як аварії на БС виникають не часто, акумулятори знаходяться в черговому стані, в режимі постійної підзарядки [9].

Кожен виробник вказує на свої акумуляторах базові параметри – ємність та номінальна напруга. Саме від якості мережі залежить вибір батарей. Для даного типу місцевості, найбільш важливим параметром є кількість циклів заряду та розряду батареї.

Для даної мережі краще обрати гелеві акумулятори, так як в них великий ресурс роботи в режимі циклічності. Максимальна споживана потужність для базових станцій мереж GSM – 60 Вт. Необхідно також врахувати максимальну споживану потужність пожежної сигналізації – 900 Вт і системи управління мікрокліматом – 3000 Вт [17]. Для розрахунків будуть використані параметри гелевого акумулятора, від виробника Fiattm серії FIT [18].

Активна потужність обчислюється за формулою [16]:

$$P_{\text{ДБЖ}} > \frac{P_{\text{max}}}{PF},$$

де $P_{\text{ДБЖ}}$ - необхідна потужність джерела безперебійного живлення;

P_{max} – максимальна споживна потужність;

PF – коефіцієнт потужності, приймається рівним 0.7.

Для БС в стандарті GSM споживна потужність – 60 Вт.

Підставивши всі дані в формулу, отримано:

$$P_{\text{ДБЖ}} > \frac{P_{\text{max}}}{PF} = \frac{60}{0,7} = 85,7 \text{ [Вт]},$$

До даної системи, ще входить клімат контроль та протипожежна безпека. Потрібно виконати аналогічні розрахунки:

$$P_{\text{пож.}} > \frac{P_{\text{max}}}{PF} = \frac{900}{0,7} = 1286 \text{ [Вт]},$$

$$P_{\text{клім.}} > \frac{P_{\text{max}}}{PF} = \frac{3000}{0,7} = 4286 \text{ [Вт]},$$

На даному етапі обчислення, необхідно розрахувати загальне значення потужності навантаження в даній мережі.

$$P_{\text{заг.}} = P_{\text{ДБЖ}} + P_{\text{пож.}} + P_{\text{клім.}}$$

Підставивши дані з отриманих обчислень, отримано такий результат:

$$P_{\text{заг.}} = 85,7 + 1286 + 4286 = 5657,7 \text{ [Вт]}.$$

Після виконаних розрахунків, тепер можливо обчислити максимальний час автономної роботи БС. Також потрібно мати на увазі, що для роботи в автономному режимі необхідно як мінімум 4 акумуляторних батареї.

Максимальний час роботи в автономному режимі визначається за формулою [16]:

$$t = \frac{60 \cdot E \cdot U}{P_{\text{заг.}}},$$

де E - ємність батареї;

U – сумарна напруга батарей;

$P_{\text{заг.}}$ - загальне значення потужності навантаження в даній мережі.

Підставивши отримані значення, потрібно виконати розрахунок:

$$t = \frac{60 \cdot 450 \cdot 4 \cdot 6}{5657,7} = 114,53 \text{ [год]}.$$

Згідно даних розрахунків, дана система електроживлення на БС може працювати близько п'яти діб в автономному режимі. Цього часу достатньо для вирішення всіх незапланованих проблем на БС.

Висновки до другого розділу

У другому розділі дипломної роботи, були виконані розрахунки основних характеристик системи стільникового зв'язку. На основі виконаних обчислень, була змодельована БС на території міста Лубни. Було обчислено, яким буде баланс потужності та втрати на трасі. Не менш важливим параметром працездатності БС є електроживлення, тому в ході роботи були розраховані основні витрати енергії та час роботи БС на випадок аварії, та було обрано альтернативне джерело живлення. Недоліків не було виявлено, тому можна зробити висновок, що система надійна.

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ФІНАНСОВИХ ВИТРАТ СИСТЕМИ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

3.1 Вибір базової станції та іншого обладнання, технічні характеристики БС

На сьогодні неможливо уявити наше життя без стільникового зв'язку, тому саме ці технології еволюціонують дуже швидко. Кожен оператор веде конкуренцію з іншим, тому йому необхідно надавати кращі послуги ніж інший. При тому з фінансової сторони, потрібно щоб вся ця система була менш затратною. Тому я пропоную скористуватися обладнанням від компанії Huawei. Вони розробили такий контролер, що працює в двох абсолютно різних мережах GSM та UMTS.

У залежності від обладнання контролер від англ. Base station controller (BSC) може обслуговувати до 60 базових станцій. Зв'язок між БС та контролером може здійснюватися через радіоролейний канал або по оптоволоконному кабелю. Контролер здійснює керування роботою радіоканалів, контролює пересування абонента та здійснює передачу сигналу з однієї БС на іншу [19].

Контролер від компанії Huawei має назву BSC 6900. За допомогою цього обладнання можливо зменшити фінансові затрати в два рази. Раніше для повноцінної роботи в мережі, потрібно було встановлювати обладнання відповідно для 2G (BSC 6000) та 3G (BSC 6810). Саме завдяки контролеру BSC 6900 – вдалось вирішити цю фінансову проблему, так як він працює в двох режимах. Схема інтерфейсів зображена на *рисунку 3.1*.

Контролер виконує ряд важливих функцій:

- керує розподілом радіоканалів;
- контролює з'єднання і регулює їх черговість;
- забезпечує режим роботи зі «стрибучою» частотою;
- модуляцію і демодуляцію сигналів;
- кодування і декодування повідомлень, кодування мови;
- визначає черговість передачі повідомлень персонального виклику.

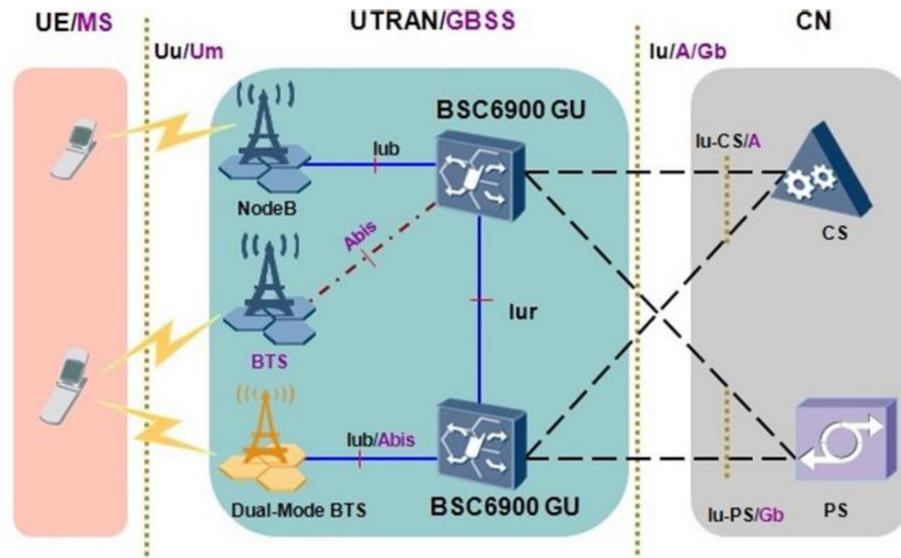


Рисунок 3.1 – Схема інтерфейсів контролера BSC 6900

Також було обрано базову станцію від компанії Huawei, яка має назву DBS 3900. Так як DBS 3900 має дві плати, вона може працювати в двох режимах 2G та 3G. Ще ця базова станція підтримує перехід до мережі стандарту LTE, що в майбутньому значно зменшить фінансові витрати. DBS 3900 представляє собою розподілену базову станцію з використанням платформи BTS компанії Huawei. Складається з блока обробки базових частот (BBU), виносного радіочастотного блока (RRU) і антени (сектор, стільник). Базова станція DBS 3900 зображена на *рисунку 3.2*.



Рисунок 3.2 – Базова станція DBS 3900

Всі технічні характеристики БС DBS 3900 наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1.

Основні характеристики DBS 3900

Параметри	Специфікації
Робочі діапазони частот	876-880 МГц та 921-925МГц 880-915 МГц та 925-960МГц 1710-1785 МГц та 1805-1880МГц
Ємність	Один BBU підтримує шість RRU Кожен RRU підтримує дві несучі
Організація мережі	Один стільник може обслуговувати максимум 12 сайтів. Кожен сайт підтримує три RRU

BBU - це блок обробки базових частот для установки в середині приміщень, який забезпечує централізоване управління експлуатацією і обслуговуванням, а також обробку сигналізації всієї системи базової станції, забезпечує опорний сигнал синхронізації[19].

RRU – це виносний радіочастотний блок. Забезпечує обробку сигналів основних частот і радіочастотних сигналів [19].

І на завершення необхідно обрати антену. Антена базової станції розділена на кілька секторів. Кожен сектор в залежності від обладнання може обслуговувати до 72 дзвінків одночасно. Так як стільник у вигляді правильного шестикутника, то в ньому наявно 6 секторів, таким чином базова станція може обслуговувати до 430 дзвінків. Кругла антена з'єднує станцію з контролером, а вертикальна здійснює зв'язок з телефонами.

Підтримка антен RET (Remote Electric Tilt) дозволяє налаштовувати мережне покриття шляхом регулювання кута нахилу антен . При цьому зменшити затрати на експлуатацію і обслуговування. Підтримка антен з подвійною поляризацією дозволяє зменшити число антен в стільнику.

Переваги:

- швидке розгортання мережі;

- роздільне використання BBU і RRU, компактний дизайн і розподілена установка дозволяють зекономити простір і змонтувати BBU і RRU практично в будь-якому місці;

- низька ціна.

Таким чином, я обрав базову станцію DBS 3900 та контролер BSC 6900 від компанії Huawei. Вибір впав на це обладнання, так як воно відмінно виконує свої функції та просто має чудове співвідношення ціни до якості. Саме за допомогою цього обладнання зменшено фінансові витрати, та є змога перейти до зв'язку нового покоління.

3.2 Розрахунок фінансових витрат на експлуатацію мережі

Після всіх розрахунків для побудови та розташування мережі, настає не менш головний етап – фінансування даної мережі. За допомогою цього етапу визначається на скільки затратним вийде цей проект, та на скільки окупним він вийде. При прогнозуванні доходів та витрат необхідно врахувати всі види надходжень, як виробничого так і невиробничого характеру.

Перед тим, як виконувати основні розрахунки нам потрібно визначити кількість робочих, які будуть обслуговувати нашу мережу. А вже після цього розрахуємо фінансові затрати на оплату праці.

Для розрахунку кількості робочих в мобільній мережі використовують таку формулу [20]:

$$N_{\text{прац}} = \frac{N_{\text{аб}}}{H_{\text{аб}}} \cdot h,$$

де $N_{\text{аб}}$ – кількість абонентів та пристроїв які обслуговуються;

$H_{\text{аб}}$ – середня кількість пристроїв, які обслуговує один працівник;

h – коефіцієнт, що враховує заміну працівників;

Для даного розрахунку буде використано такі вхідні дані: $N_{\text{аб}} = 16000$; $H_{\text{аб}} = 300$; $h = 1,1$.

$$N_{\text{прац}} = \frac{16000}{300} \cdot 1,1 = 59 \text{ [пр]}.$$

Після того, як стало відомо скільки необхідно працівників для обслуговування даної мережі, потрібно приступити до розрахунку фінансових затрат на оплату праці.

Формула для визначення фінансових затрат на оплату праці за один рік має такий вигляд [20]:

$$Z_{\text{оп}} = Z_{\text{с}} \cdot T_{\text{пр}} \cdot (1 + K_{\text{прем}}) \cdot 12,$$

де $Z_{\text{с}}$ - середня заробітна плата працівника з урахуванням районного коефіцієнта;

$T_{\text{пр}}$ - кількість працівників, які обслуговують дану мережу;

$K_{\text{прем}}$ – коефіцієнт премії, який встановлює дана установа.

Для цього розрахунку використано такі вхідні дані: $Z_{\text{с}}$ –4500; $T_{\text{пр}}$ - 59; $K_{\text{прем}}$ – 20%.

$$Z_{\text{оп}} = 4500 \cdot 59 \cdot (1 + 0,2) \cdot 12 = 3823200 \text{ [грн]}$$

Після даного розрахунку, з'являється можливість обрахувати відрахування ЄСВ (єдиний соціальний внесок).

Згідно Закону України № 2272 від 22.02.2021 року «Про страхові тарифи на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» ЄСВ залишається в розмірі 22% [21].

Формула за якою визначається єдиний соціальний внесок [20]:

$$Z_{\text{ЄСВ}} = \frac{Z_{\text{оп}} \cdot (C_{\text{пф}} + C_{\text{сф}} + C_{\text{фсс}})}{100},$$

де $Z_{\text{оп}}$ – фінансові затрати на оплату праці за один рік;

$C_{\text{пф}}$ – ставка відрахувань до пенсійного фонду України;

$C_{\text{сф}}$ – ставка відрахувань до страхового фонду;

$C_{\text{фсс}}$ – ставка відрахувань до фонду соціального страхування.

Для цього розрахунку працюємо з такими вхідними даними: $Z_{\text{оп}}$ – 3823200; $C_{\text{пф}}$ –17; $C_{\text{сф}}$ – 3; $C_{\text{фсс}}$ – 2.

$$Z_{\text{ЄСВ}} = \frac{3823200 \cdot (17+3+2)}{100} = 841104 \text{ [грн]}.$$

Для повного розрахунку фінансових затрат даної мережі, потрібно ще знати скільки витрачається фінансів на електроживлення. Для розрахунку електроживлення на базовій станції, потрібно врахувати всі затрати: потужність системи клімат контролю, потужність базової станції, потужність сигналізації.

Загальні затрати в рік на електроживлення всіх БС визначається за формулою [20]:

$$Z_{\text{ел}} = N_{\text{БС}} \cdot (P_{\text{БС}} + P_{\text{кон}} + P_{\text{сиг}}) \cdot 365 \cdot T_{\text{ел}},$$

де $N_{\text{БС}}$ - кількість базових станцій;

$P_{\text{БС}}$ - потужність базової станції;

$P_{\text{кон}}$ - потужність системи клімат контролю;

$P_{\text{сиг}}$ – потужність сигналізації;

$T_{\text{ел}}$ – тариф за електроспоживання.

Для даного розрахунку вже відомо такі вхідні дані: $T_{\text{ел}} = 0,38$; $N_{\text{БС}} = 27$; потужність враховується за добу : $P_{\text{БС}} = 42$ кВт; $P_{\text{кон}} = 27,6$ кВт; $P_{\text{сиг}} = 2$ кВт.

$$Z_{\text{ел}} = 27 \cdot (42 + 27,6 + 2) \cdot 365 \cdot 0,38 = 268134 \text{ [грн]}.$$

Також потрібно врахувати витрати за оренду землі для всіх БС, та витрати за оренду офісу:

Оренда офісу на рік становить близько 36000 грн.

Так як в даній мережі наявно 27 базових станцій, то для кожної з них потрібна територія, на якій вони працюватимуть. Кожна БС займає близько 8м² Оренда 1 м² землі на рік становить близько 320 грн. Загальні затрати на оренду землі для БС визначається за формулою [20]:

$$Z_{\text{оБС}} = 27 \cdot 8 \cdot 320 = 69120 \text{ [грн]}.$$

Тепер потрібно розрахувати затрати на рік, за оренду землі та приміщень, за формулою:

$$Z_{\text{о}} = Z_{\text{оБС}} + Z_{\text{оо}} = 69120 + 36000 = 105120 \text{ [грн]},$$

де $Z_{\text{оБС}}$ – затрати на оренду землі для БС;

$Z_{\text{оо}}$ – затрати на оренду офісу.

Для побудови та розгортання даної мережі, а саме будівництво антен, технічних споруд, закупка апаратури та її монтаж склала 6500000 грн.

Після розрахунку фінансових затрат на експлуатацію та побудову мережі, потрібно визначити загальні затрати на дану мережу. Загальні затрати визначаються за формулою:

$$Z_{\text{заг}} = Z_{\text{буд}} + Z_{\text{o}} + Z_{\text{ел}} + Z_{\text{есв}} + Z_{\text{оп}},$$

де $Z_{\text{буд}}$ – затрати на будівництво;

Z_{o} – затрати на оренду;

$Z_{\text{ел}}$ – затрати за електроживлення;

$Z_{\text{есв}}$ – затрати на єдиний соціальний внесок;

$Z_{\text{оп}}$ – затрати на оплату праці.

$$Z_{\text{заг}} = 6500000 + 105120 + 268134 + 841104 + 3823200 = 11537558 \text{ [грн]}.$$

3.3 Розрахунок доходу та окупності даного проекту

Весь прибуток від даної мережі, буде приносити користування абонентів послугами, що надає оператор. Дивлячись на маркетингові дослідження, кращим попиту користується тариф, у якого надано безліміт в мережі інтернет та дзвінки в межах цього оператора. Тому було вирішено створити лише один тарифний пакет послуг, який коштуватиме близько 120 грн. на місяць.

За допомогою реклами та якості надання послуг, максимальна прогнозована кількість користувачів на перший рік розгортання мережі, становить близько 12000 чоловік.

За допомогою цих даних, можливо розрахувати прибуток за рік. Максимальний прибуток, що може бути отриманим від даного проекту розраховується за формулою [20]:

$$P_{\text{max}} = T \cdot N_{\text{кор}} \cdot 12 \cdot 0,76 - Z_{\text{р}},$$

де T – ціна тарифного пакету послуг;

$N_{\text{кор}}$ – максимально прогнозована кількість користувачів;

$Z_{\text{р}}$ – затрати на рік.

$$P_{max} = 120 \cdot 12000 \cdot 12 \cdot 0,76 - 5037558 = 8095242 \text{ [грн]}.$$

Після того, як стало відомо яким же буде максимальний прибуток від даної мережі за рік надання послуг, можливо розрахувати термін окупності даного проекту.

Термін окупності даного проекту визначається за формулою [20]:

$$T_{ок} = \frac{Z_p}{0,76 \cdot P_{max}},$$

де Z_p – затрати на рік;

P_{max} – максимальний прибуток від даної мережі за рік.

$$T_{ок} = \frac{5037558}{0,76 \cdot 8095242} = 2,4 \text{ [р]}.$$

Висновки до третього розділу

У третьому розділі дипломної роботи було визначено специфікацію обладнання та було розраховано фінансові витрати на будівництво та розташування базових станцій в даній мережі.

В даному розділі було розраховано всі види витрат та всі види прибутку від даної мережі. Було визначено, яким саме буде тариф послуг для користування всіх абонентів. Визначено яким саме буде термін окупності даного проекту, а саме 2,4 роки, що свідчить про ефективність вибору обладнання та інших витрат.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі, було виконано всі поставлені завдання в повному обсязі. Було досліджено та проаналізовано деякі стандарти мобільного зв'язку, а саме: UMTS, CDMA, GSM. До кожного стандарту, було представлено спектри частот та схеми роботи. Порівняно всі стандарти один з одним. Також були вивчені переваги та недоліки стандартів CDMA та GSM третього покоління. В результаті можна зробити висновок, що використання стандарту GSM є набагато вигіднішим, і тому цей стандарт (GSM-1800) буде використовуватися при розрахунках. Було проаналізовано обладнання кожного оператора, а саме: кількість базових станцій та на якому обладнанні вони працюють.

Розраховано основні характеристики системи стільникового зв'язку. На основі виконаних обчислень, була змодельована БС на території міста Лубни. В ході роботи були розраховані основні витрати енергії та час роботи БС на випадок аварії, та обрано альтернативне джерело живлення.

Після основних розрахунків, було визначено, яке саме обладнання буде використовуватись в моделюванні даного зв'язку. Було обрано БС від компанії Huawei DBS 3900, та контролер від компанії Huawei BSC 6900. В ході роботи було обрано, якою саме буде антена. Розраховані всі види витрат та всі види прибутку від даної мережі. Було визначено, яким саме буде тариф послуг користування для всіх абонентів. В кінці роботи було розраховано, яким саме буде термін окупності даного проекту, а саме 2,4 роки, що свідчить про ефективність вибору обладнання та інших витрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Системи рухомого зв'язку. Навчальний посібник / О. О. Семенова, А. О. Семенов, В. С. Белов. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 185 с.
2. GSM [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/GSM>.
3. Офіційний сайт оператора «Vodafone –Україна». [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.vodafone.ua>.
4. Офіційний сайт оператора «Київстар». [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: <https://kyivstar.ua>.
5. Офіційний сайт оператора «Лайф». [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.lifecell.ua>.
6. Загальна архітектура GSM[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://life-prog.ru/ukr/view_infoobslujpolz.php?id=27.
7. 2G в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/2G>.
8. 3G покриття по всій Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://3gstar.com.ua/4g-pokrytie.html>.
9. Архітектура мережі UMTS[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/7460190>.
10. Про стандарт UMTS[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/UMTS>.
11. Історія UMTS[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/16435689>.
12. Порівняння GSM з CDMA [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://itc.ua/articles/gsm-protiv-cdma-v-chem-raznitsa-2/>.
13. Про стандарт CDMA[Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/CDMA>.
14. Загальна інформація про місто Лубни [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Лубни>.
15. Ресурс для завантаження карт, для програми Attol [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://satellites.pro/Ukraine_map.
16. Формули для основних розрахунків [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5726287>.

17. Семенова О. О. Методичні вказівки до виконання курсових проектів з курсу «Системи рухомого зв'язку» / О. О. Семенова, В. С. Белов – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 33 с.

18. Вибір джерела безперебійного живлення та його характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://akbsvit.com.ua/Akkumulyatoryi-dlya-sistem-svyazi/Fiamm-Batarei-serii-FIT.html>.

19. Основні відомості про BSC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studall.org/all-55909.html>.

20. Формули для визначення фінансових витрат – Режим доступу: Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.: іл.

21. Закон про ЄСВ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2272-14#Text>.

SELECTION OF EQUIPMENT AND DETERMINATION OF FINANCIAL COSTS OF THE CELLULAR COMMUNICATION SYSTEM

A.1 Choice of base station and other equipment, technical characteristics of BS

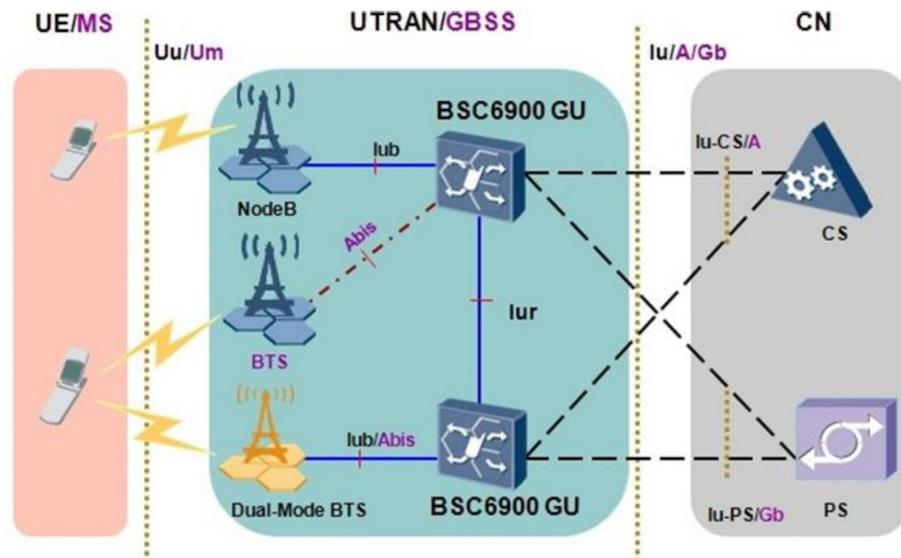
Today, it is impossible to imagine our lives without cellular communication, so these technologies are evolving very fast. Each operator competes with another, so it needs to provide better services than the other. At the same time from the financial point of view, it is necessary that all this system was less expensive. Therefore, I suggest using equipment from Huawei. They have developed a controller that works in two different GSM and UMTS networks.

Depending on the equipment, the Base station controller (BSC) can serve up to 60 base stations. Communication between the BS and the controller can be via a radio channel or via a fiber optic cable. The controller controls the operation of radio channels, monitors the movement of the subscriber and transmits a signal from one BS to another [28].

The controller from Huawei is called BSC 6900. With this equipment it is possible to reduce financial costs by half. Previously, for full network operation, it was necessary to install equipment for 2G (BSC 6000) and 3G (BSC 6810), respectively. It is thanks to the BSC 6900 controller that this financial problem has been solved, as it works in two modes. The scheme of interfaces is shown in *picture A.1*.

The controller performs a number of important functions:

- manages the distribution of radio channels;
- controls connections and regulates their order;
- provides a mode of operation with a "jumping" frequency;
- modulation and demodulation of signals;
- encoding and decoding of messages, language encoding;
- determines the order of transmission of personal call messages.



Picture A.1 - Interface diagram of the BSC 6900 controller

I also chose a base station from Huawei, which is called the DBS 3900. Since the DBS 3900 has two boards, it can operate in two modes 2G and 3G. This base station also supports the transition to the LTE network, which will significantly reduce financial costs in the future. The DBS 3900 is a distributed base station using Huawei's BTS platform. It consists of a base frequency processing unit (BBU), a remote radio frequency unit (RRU) and an antenna (sector, cell). The DBS 3900 base station is shown on *picture A.2*.



Picture A.2 - Base Station DBS 3900

All technical characteristics of BS DBS 3900 are given in *table A.1*.

Table A.1.

Main characteristics of DBS 3900

Parameters	Specifics
Operating frequency ranges	876-880 MHz та 921-925MHz 880-915 MHz та 925-960MHz 1710-1785MHz та 1805-1880MHz
Capacity	One BBU supports six RRU Each RRU supports two carriers
Organization of network	One cell can serve a maximum of 12 sites. Each site supports three RRUs

BBU is a base frequency processing unit for indoor installation, which provides centralized control of operation and maintenance, as well as signal processing of the entire base station system, provides a synchronization reference signal.

RRU is a remote radio frequency unit. Provides processing of signals of basic frequencies and radio frequency signals.

Finally, you need to choose an antenna. The base station antenna is divided into several sectors. Depending on the equipment, each sector can handle up to 72 calls at a time. Since the cell is in the form of a regular hexagon, it has 6 sectors, so the base station can handle up to 430 calls. The circular antenna connects the station to the controller, and the vertical antenna connects to the phones.

Support for RET (Remote Electric Tilt) antennas allows you to adjust the network coverage by adjusting the angle of the antennas. At the same time reduce the cost of operation and maintenance. Support for dual-polarized antennas reduces the number of antennas in the cell.

Benefits:

- rapid network deployment;
- separate use of BBU and RRU, compact design and distributed installation allow to save space and to mount BBU and RRU practically in any place;
- low price.

So I chose the DBS 3900 base station and the BSC 6900 controller from Huawei. The choice fell on this equipment, as it performs its functions perfectly and simply has a

great value for money. It is with this equipment that financial costs are reduced, and it is possible to move to a new generation of communication.

A.2 Calculation of financial costs for network operation

After all the calculations for the construction and location of the network, comes no less important stage - the financing of this network. This step determines how much this project will cost and how much it will pay off. When forecasting income and expenses, it is necessary to take into account all types of income, both production and non-production.

Before performing basic calculations, we need to determine the number of workers who will serve our network. And only after that we calculate the financial costs of labor.

To calculate the number of workers in the mobile network use the following formula:

$$N_{emp} = \frac{N_{sub}}{H_{sub}} \cdot h,$$

where N_{sub} – number of subscribers and devices served;

H_{sub} – the average number of devices serviced by one employee;

h – coefficient that takes into account the replacement of employees;

For this calculation we have the following input data: N_{sub} – 16000; H_{sub} – 300; h – 1,1.

$$N_{emp} = \frac{16000}{300} \cdot 1,1 = 59 \text{ [employees]}.$$

Once you know how many employees are needed to maintain this network, you need to start calculating the financial cost of labor.

The formula for determining the financial cost of labor for one year is as follows:

$$Z_{OP} = Z_s \cdot T_{emp} \cdot (1 + K_{prem}) \cdot 12,$$

where Z_s - the average salary of the employee, taking into account the district coefficient;

T_{emp} - the number of employees who serve this network;

K_{prem} – the premium ratio set by the institution.

For this calculation we have the following input data: $3_s = 4500$; $T_{\text{emp}} = 59$; $K_{\text{prem}} = 20\%$.

$$3_{OP} = 4500 \cdot 59 \cdot (1 + 0,2) \cdot 12 = 3823200 \text{ [UAH]}.$$

After this calculation, we have the opportunity to calculate the deduction of SSC (single social contribution).

According to the Law of Ukraine № 2272 for 22.02.2021 year «About insurance rates for compulsory state social insurance» SSC remains in size 22%.

The formula by which the single social contribution is determined:

$$3_{SSC} = \frac{3_{OP} \cdot (C_{PF} + C_{if} + C_{sif})}{100},$$

where 3_{OP} – financial costs of labor for one year;

C_{pf} – rate of contributions to the pension fund of Ukraine;

C_{if} – the rate of contributions to the insurance fund;

C_{sif} – rate of contributions to the social insurance fund.

For this calculation we have the following input data: $3_{OP} = 3823200$; $C_{pf} = 17$; $C_{if} = 3$; $C_{sif} = 2$.

$$3_{SSC} = \frac{3823200 \cdot (17 + 3 + 2)}{100} = 841104 \text{ [UAH]}.$$

To fully calculate the financial costs of this network, you still need to know how much money is spent on electricity. To calculate the power supply at the base station, you need to take into account all the costs: the power of the climate control system, the power of the base station, the power of the alarm.

The total cost per year for power supply of all BS is determined by the formula:

$$3_{el} = N_{BS} \cdot (P_{BS} + P_{con} + P_{sig}) \cdot 365 \cdot T_{el},$$

where N_{BS} – how many of BS;

P_{BS} – base station capacity;

P_{con} – power of climate control system;

P_{sig} – alarm power;

T_{el} – tariff for electricity consumption.

For this calculation we have the following input data: $T_{el} = 0,38$; $N_{BS} = 27$; power is taken into account per day : $P_{BS} = 42$ кВт; $P_{con} = 27,6$ кВт; $P_{sig} = 2$ кВт.

$$3_{el} = 56 \cdot (42 + 27,6 + 2) \cdot 365 \cdot 0,38 = 268134 [UAH].$$

You also need to consider the cost of renting land for all BS, and the cost of renting an office:

Office rent for a year is about 36000 UAH.

Since there are 27 base stations in this network, each of them requires an area in which they will operate. Each BS takes about 8m². Rent 1 m² land per year is about 320 UAH. The total cost of renting land for BS is determined by the formula:

$$3_{rBS} = 27 \cdot 8 \cdot 320 = 69120 [UAH].$$

Determine the cost per year for renting land and premises, according to the formula:

$$3_r = 3_{rBS} + 3_{rO} = 69120 + 36000 = 105120 [UAH],$$

where 3_{rBS} – land lease costs for BS;

3_{rO} – office rental costs.

For the construction and deployment of this network, namely the construction of antennas, technical structures, purchase of equipment and its installation amounted to 6500000 UAH.

After calculating the financial costs of operation and construction of the network, you need to determine the total cost of the network. Total costs are determined by the formula:

$$3_{gen} = 3_{const} + 3_r + 3_{el} + 3_{ssc} + 3_{OP},$$

where 3_{const} – construction costs;

3_r – rental costs;

3_{el} – power costs;

3_{ssc} – the cost of a single social contribution;

3_{OP} – labor costs.

$$\begin{aligned} \mathcal{Z}_{gen} &= 6500000 + 105120 + 268134 + 841104 + 3823200 = \\ &11537558 \text{ [UAH]}. \end{aligned}$$

A.3 Calculation of income and payback of this project

All profits from this network will bring the use of subscribers services provided by the operator. Looking at marketing research, the best demand is the tariff, which provides unlimited Internet access and calls within this operator. Therefore, it was decided to create only one tariff package of services, which will cost about 120 UAH month.

With the help of advertising and quality of service, the maximum projected number of users for the first year of network deployment is about 12,000 people.

With this data, it is possible to calculate the profit for the year. The maximum profit that can be obtained from this project is calculated by the formula:

$$\Pi_{max} = T \cdot N_{us} \cdot 12 \cdot 0,76 - \mathcal{Z}_p,$$

where T – the price of the tariff package of services;

N_{us} – the maximum predicted number of users;

\mathcal{Z}_p – costs per year.

$$\Pi_{max} = 120 \cdot 12000 \cdot 12 \cdot 0,76 - 5037558 = 5906442 \text{ [UAH]}.$$

After it became known what will be the maximum profit from this network for the year of services, it is possible to calculate the payback period of this project.

The payback period of this project is determined by the formula:

$$T_{pb} = \frac{\mathcal{Z}_p}{0,76 \cdot \Pi_{max}},$$

where \mathcal{Z}_p – costs per year;

Π_{max} – maximum profit from this network for the year.

$$T_{pb} = \frac{5037558}{0,76 \cdot 5906442} = 2,4 \text{ [year]}.$$

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

ДИПЛОМНА РОБОТА БАКАЛАВРА

НА ТЕМУ: **«МОДЕРНІЗОВАНА СИСТЕМА СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ м. ЛУБНИ»**

ВИКОНАВ: студент групи 401-ТТ Адаменко М.К.
КЕРІВНИК: к.т.н., доцент Сокол Г. В.

Рисунок Б.1 – Слайд №1

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – процес зв'язку у мобільній мережі стандарту GSM.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ – методи розрахунку основних характеристик мережі зв'язку стандарту GSM.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – модернізація мережі зв'язку стандарту GSM, в подальшому з можливістю переходу до стандарту LTE.

МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ – аналітичний з використанням комп'ютерних технологій.

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

- Обґрунтування необхідності розгортання системи стільникового зв'язку.
- Розрахунок основних характеристик системи стільникового зв'язку.
- Вибір обладнання системи стільникового зв'язку.
- Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Рисунок Б.2 – Слайд №2

Стільниковий зв'язок — один із видів мобільного радіозв'язку, в основі якого лежить стільникова мережа. Тобто, особливість стільникового зв'язку полягає в тому, що зона покриття ділиться на «стільники», що визначається зонами покриття окремих базових станцій.

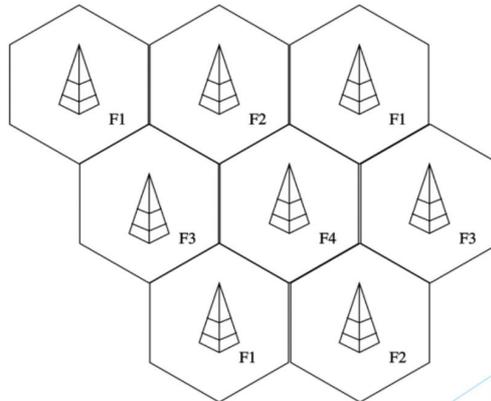


Рис. 1 – Узагальнена схема побудови стільникової мережі

Рисунок Б.3 – Слайд №3

В GSM 1800 полоса частот 1710-1785 МГц використовується для передачі даних і голосу з мобільного (стаціонарного) абонента на базову станцію, а полоса 1805-1880 МГц для передачі повідомлень з базової станції абоненту.

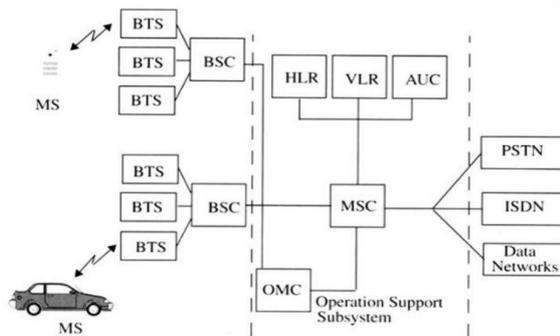


Рис 2 – Структурна схема роботи стандарту GSM

Рисунок Б.4 – Слайд №4

Данні про БС у Полтавській обл. та в м. Лубни

Оператор мобільного зв'язку	Кількість БС	
	Полтавська область	Лубни
Київстар	666	11
Vodafone Україна	815	21
<u>Lifecell</u>	229	8

Рисунок Б.5 – Слайд №5

РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Кількість частот в стільнику	3
Кількість частот в кластері типу 4/12	12
Допустиме число абонентів в стільнику, $M_{ст}$	913
Кількість потенційних абонентів в мережі, N_A	34 534
Ефективна висота підйому антени базової станції, $H_{БС}$	60
Кількість базових станцій в мережі, $N_{БС}$	27
Число стільників в мережі, $q_{ст}$	52
Площа стільника, $S_{ст}$	0,575
Радіус кожного стільника в даній мережі, $R_{ст}$	0,937

Рисунок Б.6 – Слайд №6

За основу стільникового зв'язку – було обрано кластер типу 4/12. Даний тип кластеру був обраний за його завадостійкість, адже він має великий захисний інтервал. В цьому кластері наявно 12 секторів, а кожен стільник має по три частотних канали.

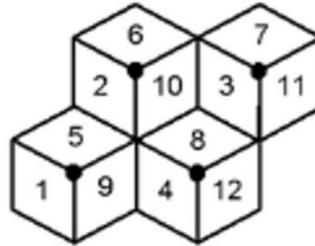


Рис. 3 – Кластер типу 4/12

Рисунок Б.7 – Слайд №7

ATOLL
Wireless Network Engineering Software

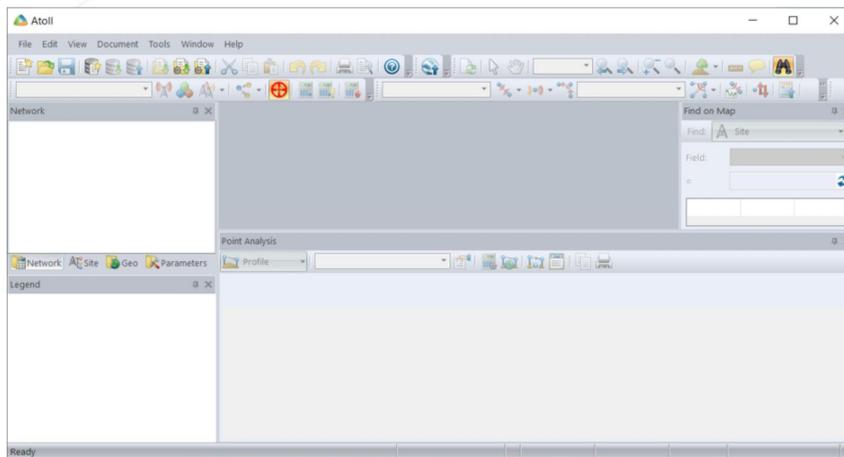


Рис. 4 – Загальний інтерфейс програмного забезпечення Atoll

Рисунок Б.8 – Слайд №8

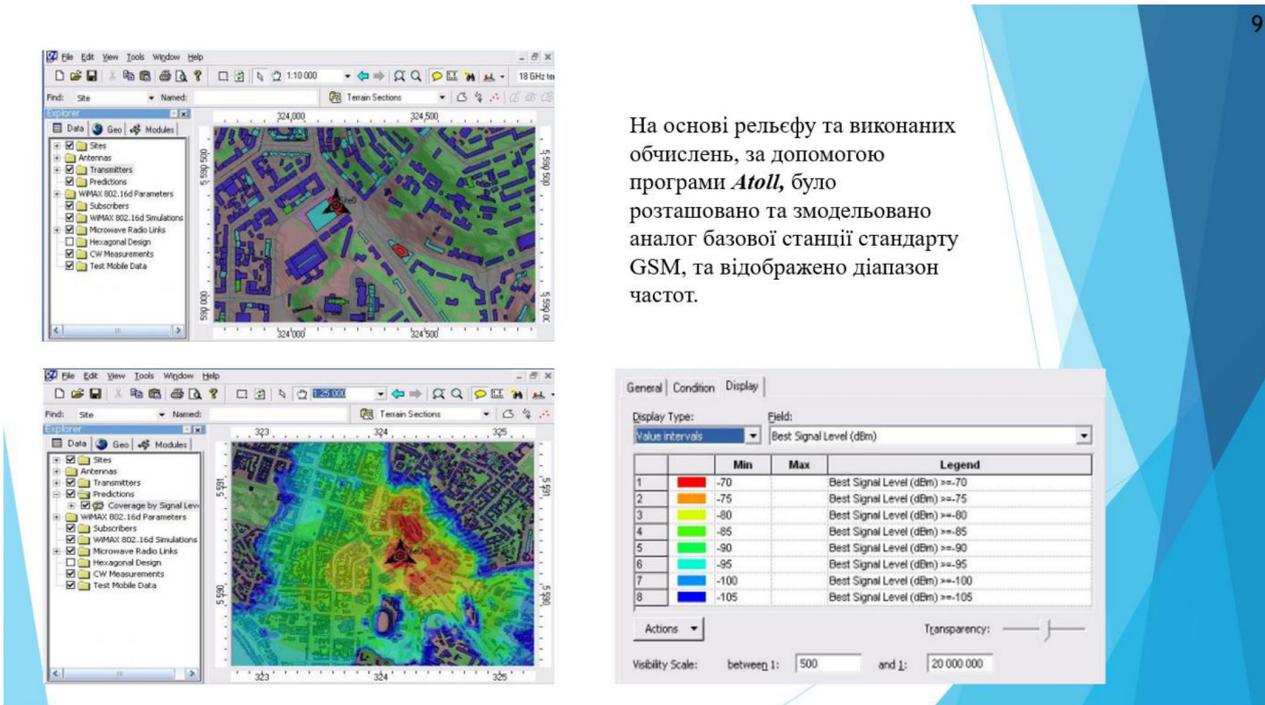


Рисунок Б.9 – Слайд №9



Рис. 5 – Базова станція DBS 3900

При моделюванні було обрано базову станцію DBS 3900 від компанії Huawei. Дана базова станція має дві плати, тому вона працює в двох режимах 2G та 3G. DBS 3900 підтримує плавний перехід до LTE. Складається з блока обробки базових частот (BBU), виносного радіочастотного блока (RRU) і антени (сектор, стільник).

- Контролер виконує ряд важливих функцій:
- керує розподілом радіоканалів;
 - контролює з'єднання і регулює їх черговість;
 - забезпечує режим роботи зі «стрибуючою» частотою;
 - модуляцію і демодуляцію сигналів;
 - кодування і декодування повідомлень, кодування мови;
 - визначає черговість передачі повідомлень персонального виклику.



Рис. 6 – Контролер BSC 6900

Рисунок Б.10 – Слайд №10

Основні економічні показники мережі

Показник	Значення
Витрати на розгортання мережі, грн.	6500000
Оплата праці за рік, грн.	3823200
Загальні витрати на електроживлення, грн.	268134
Максимальний чистий прибуток на рік, грн.	8095242
Витрати за оренду офісу та землі на рік, грн.	105120
Термін окупності мережі, років	2,4

Рисунок Б.11 – Слайд №11

Висновки

В роботі було змодельовано мережу мобільного зв'язку стандарту GSM-1800. Проаналізовано найбільш поширені стандарти мобільного зв'язку, які функціонують на території України, а саме: GSM, CDMA та UMTS.

Проаналізувавши тенденції розвитку телекомунікаційних мереж на ринку послуг України та враховуючи складності з отриманням частотного ресурсу було обрано стандарт GSM-1800. При моделюванні мережі цього стандарту, було використано обладнання фірми Huawei. Це обладнання підтримує перехід до стандарту LTE. Що в майбутньому дозволить заощадити кошти.

Рисунок Б.12 – Слайд №12

Висновки

В дипломній роботі виконано розрахунок характеристик системи стільникового зв'язку, а саме:

- оптимальний вибір частотних каналів;
- допустиме число абонентів в стільнику;
- кількість потенційних абонентів в мережі;
- число стільників в мережі;
- площа та радіус стільника;
- баланс потужності за напрямками вгору та вниз;
- розрахунок джерела безперебійного живлення БС.

Рисунок Б.13 – Слайд №13

Висновки

На основі змодельованої стільникової мережі було розраховане економічне обґрунтування дипломної роботи. Результатом розрахунків став термін окупності капітальних вкладень, $T_{ок} = 2,4$ роки. Отриманий показник $T_{ок} = 2,4$ року < 8 років, це свідчить про ефективність моделювання.

Необхідно зазначити, що в даних розрахунках приведений неповний перелік послуг, що надаються операторами зв'язку на сьогоднішній день. Також в роботі не враховані деякі додаткові послуги, які можуть принести прибуток. Це пов'язано з тим, що для більш точного визначення річних доходів необхідне проведення спеціалізованих маркетингових досліджень, що не було передбачено в рамках даної роботи.

Рисунок Б.14 – Слайд №14

Дякую за увагу!

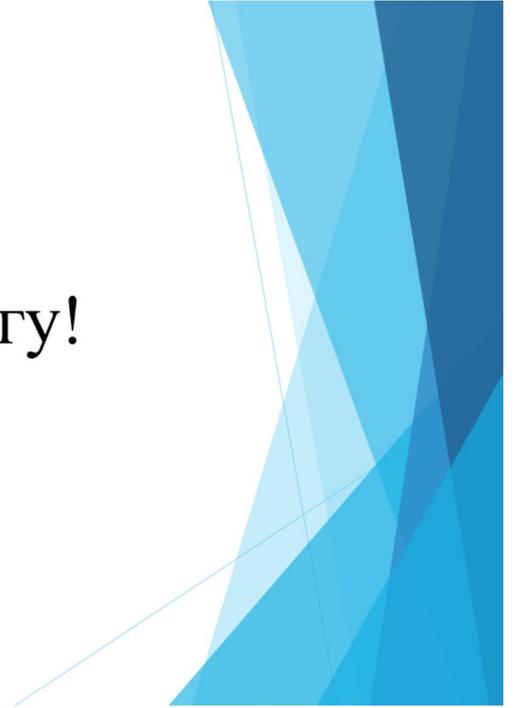


Рисунок Б.15 – Слайд №15