

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Модернізація та дослідження параметрів системи мобільного зв'язку з базовою станцією UR1859»

Виконав: студент 6 курсу, групи 601-ТТ
спеціальності 172 «Телекомунікації та
радіотехніка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Богатирьов Б.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Шефер О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Павук Ю.О.

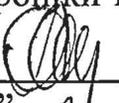
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2023 рік

Ступінь вищої освіти - Магістр
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматики,
електроніки та телекомунікацій

 О.В. Шефер
“ 4 ” вересня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Богатирьову Богдану Володимировичу

1. Тема проекту (роботи) «Модернізація та дослідження параметрів системи мобільного зв'язку з базовою станцією UP1859»
керівник проекту (роботи) Шефер Олександр Віталійович, д.т.н., проф.
затверджена наказом вищого навчального закладу від “ 04 ” вересня 2023 року № 986-фа
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2023 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Робочий проект «Модернізація мережі мобільного оператора ПрАТ «Київстар» Базова станція UP1859 (GSM-900/LTE-900/DCS-1800/LTE-1800/UMTS-2100 в м. Хорол. Дослідити принцип функціонування систем мобільного зв'язку та роботи базової станції. Розробити схему та спосіб підключення проектного обладнання базової станції UP1859 мобільного зв'язку для підтримки стандарту LTE-900 в м. Хорол. Визначення гранично-допустимого рівня електромагнітного поля поблизу антен базової станції.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз мереж та впровадження технології LTE-900. Інфраструктура та робота базової станції. Проект з Модернізації (розширення до підтримки стандарту LTE-900) БС UP1859 в м. Хорол. Розробка схеми підключення та підбір проектного обладнання. Аналіз впливу на навколишнє середовище та організм людини БС UP1859. Висновки по роботі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням об'єктів зв'язку):
- 1) Функціонування систем мобільного зв'язку. Типи АЦС базових станцій;
 - 2) Еволюція мобільної мережі від 1G-5G;
 - 3) Інфраструктура базової станції;
 - 4) Базова станція UP1859 до модернізації
 - 5) Проектоване обладнання: панельні антени, радіомодулі RRU8852E
 - 6) Базова станція до модернізації;
 - 7) Схема та спосіб підключення обладнання;
 - 8) Базова станція UP1859 після модернізації
 - 9) Принцип визначення санітарно-захисних зон та зон обмеження забудови;
 - 10) Результати розрахунку в програмному комплексі РВА в горизонтальній площині;
 - 11) Результати розрахунку в програмному комплексі РВА в вертикальній площині;
 - 12) Висновки по роботі

6. Дата видачі завдання 02.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

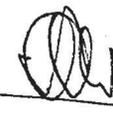
Пор. №	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Дата	Квартал	Відсоток	
1	Предмет та об'єкт дослідження. Актуальність, мета та завдання МР				Плакат 1
2	Аналіз мереж мобільного зв'язку. Типи АЦС базових станцій	18.10.23	I	30%	Плакат 2
3	Еволюція мобільної мережі від 1G-5G				Плакат 3
4	Інфраструктура базової станції				Плакат 4
5	Проект з модернізації (розширення до підтримки стандарту LTE-900 базової станції UP1859)	21.11.23	II	70%	Плакат 5
6	Вибір проєктованого обладнання. Панельні антени та радіомодулі				Плакати 6-7
7	Схема та спосіб підключення обладнання				Плакат 8
8	Принцип визначення санітарно-захисних зон та зон обмеження забудови	13.12.23	III	100%	Плакат 9
9	Розрахунок в програмному комплексі РВА (розрахунок впливу антен)				Плакати 10-11
10	Загальні висновки по магістерській роботі				Плакат 11
11	Оформлення магістерської роботи				ПЗ

Магістрант


(підпис)

Богатирьов Б.В..
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



Шефер О.В..
(підпис) (прізвище та ініціали)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АФП – антенно-фідерні пристрої.

АФТ – антенно-фідерний тракт.

БС – базова станція стільникового зв'язку.

РТО – радіотехнічний об'єкт.

ЕМВ – електромагнітне випромінювання.

ОВНС – оцінка впливу на навколишнє середовище.

СП – система передачі.

РРЛ – радіорелейна лінія.

РРС – радіорелейна станція.

РТО – радіотехнічний об'єкт.

СЗЗ – санітарно-захисна зона.

ЗОЗ – зона обмеження забудови

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МОБІЛЬНУ МЕРЕЖУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ LTE.....	7
1.1 Алгоритм функціонування систем мобільного зв'язку	7
1.2 Еволюція мобільної мережі	9
1.3 Технологія LTE та її представлення на території України	14
Висновки до 1 розділу.....	16
2.1 Системний модуль.....	18
2.2 Радіомодулі RRU	22
2.3 Секторні антени	25
2.4 Радіорелейна станція.....	26
2.5 Блок акумуляторний.....	27
Висновки до розділу 2.....	29
3 ПРОЕКТ З МОДЕРНІЗАЦІЇ (РОЗШИРЕННЯ ДО ПІДТРИМКИ СТАНДАРТУ LTE-900) БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ UR1859 ПРАТ «КИЇВСТАР» М. ХОРОЛ.....	31
3.1 Обладнання, що планується для встановлення на базовій станції.....	31
3.2 Електроживлення обладнання базової станції	42
3.3 Блискавкозахист та захисне заземлення	43
3.4 Організація обслуговування базової станції.....	45
Висновки до розділу 3.....	47
4 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	48
4.1 Огляд державних санітарних норм і правил розрахунку гранично- допустимого рівня ЕМП	48
4.2 Фізико-географічні і кліматичні особливості району і майданчика розміщення об'єкта проектування	53
4.3 Загальна характеристика об'єкту проектування і господарської діяльності в зоні його впливу.....	55
4.4 Оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє природне середовище. Визначення санітарно-захисних зон (СЗЗ) та зон обмеження забудови (ЗОЗ).....	58
Висновки до розділу 4.....	79
ВИСНОВОК	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83
ДОДАТКИ	85

ВСТУП

На сьогодні активно розвиваються мережі мобільного зв'язку. Можливості, які розкриваються новітніми технологіями, давним-давно перейшли за межі голосового зв'язку. Збільшення трафіку в мережі по усьому світі пояснюється колосальним поширенням пристроїв, підключених до мереж безпроводного зв'язку. Стрімкий розвиток бездротових технологій зв'язку, викликаний, насамперед, підвищеною цікавістю суспільства користування інтернетом. Неабияке значення має мережа Інтернет в нинішньому світі для обміну інформацією. Насамперед за допомогою глобальній мережі ми маємо змогу працювати, вчитися, спілкуватися, ділитися даними, проглядати різні види файлів, а також користуватися в режимі онлайн різноманітними сервісами торгових компаній і державних закладів.

Актуальність полягає в тому, що обмін інформацією на сьогоднішній присутній у всіх галузях діяльності і є однією з важливих складових дійового функціонування підприємств різних форм власності. Стрімкий розвиток безпроводної мережі Інтернет, впровадження новітніх приладів зв'язку, що підтримують сучасні технології. На початку повномасштабного вторгнення ми всі зіткнулися з перебоями та відсутністю мобільного зв'язку. Так, за даними найкрупніших мобільних операторів велика кількість майже 4 мільйонів абонентів переїхали до Західної України. Ще біля 5 мільйонів – перебралися з мегаполісів до невеличких міст та сіл, як надалі від важливих інфраструктурних і промислових об'єктів. У зв'язку з даною ситуацією та різкими змінами зміни мешкання перебування українців, підвищилося навантаження на мережу. Для того, щоб підтримувати якісний зв'язок та мобільний інтернет, необхідно будівництво нових базових станцій. Проте нове будівництво значно ускладнене, тож оператори почали займатися дообладнанням та модернізацією базових станцій.

На даний час Україна має зовнішні канали зв'язку з задовільною пропускнуою спроможністю, майже в кожному населеному пункті є провайдери,

які надають послуги доступу в зовнішню мережу, однак, з'єднання між ними і остаточним споживачем досі здійснюється, здебільшого, нестабільно. В наслідок – жахлива швидкість передачі даних, ненадійність з'єднання, обмежена спроможність підключення. Однією з проблем є перевантаження мобільної мережі, місце знаходження абонента від базової станції, оскільки радіус дії сигналу сучасного покриття недостатній для обслуговування в найбільш віддалених місцях від житлового масиву та потребує великої кількості базових станцій.

За останній час у сфері телекомунікацій все більшої уваги стали відводити технологіям четвертого покоління (4G), які мають кращі, порівняно з останніми поколіннями, характеристики якості зв'язку, швидкості передачі даних і більшому діапазону послуг. Однією з таких технологій є технологія LTE-900.

Предметом дослідження є мережа LTE-900 стільникового зв'язку.

Об'єктом дослідження процес удосконалення параметрів мережі LTE стільникового зв'язку.

Задачею даної роботи є проведення дослідження роботи базових станцій та роботи мобільного зв'язку в цілому, розробка модернізації мережі мобільного зв'язку стандарту LTE-900, встановлення та підключення обладнання наданого оператором мережі. Особливу увагу приділено визначенню гранично-допустимого рівня електромагнітного поля поблизу антен базової станції.

У кваліфікаційній роботі територіальним об'єктом, в якому передбачається варіант розгортання мережі LTE-900 для користувачів, які перебувають на території міста, я вибрав місто Хорол з населенням 12840 осіб.

Метою є забезпечити всю територію міста ефективним радіосигналом мережі LTE і надати абонентам високоякісний мобільний доступу в безпроводну мережу, збільшення швидкості передачі файлів, забезпечення більшого асортименту послуг за більш вигідною ціною, підвищення гнучкості мережі на базі вже існуючих систем мобільного зв'язку.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МОБІЛЬНУ МЕРЕЖУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ LTE

1.1 Алгоритм функціонування систем мобільного зв'язку

Мобільна мережа вважається одним із найважливіших винаходів людства і лише за кілька десятиліть ця технологія пережила цілий ряд еволюцій.

Мобільна мережа працює за таким принципом: територія, яка забезпечує з'єднання абонентів, розділена на поодинокі ділянки, які зветься «стілками», кожен з яких обслуговує певна базова станція. При цьому, в кожному стільнику абонент отримує однаковий набір послуг, тому сам користувач не помічає перетин цих віртуальних меж стільників.

Зазвичай, базова станція являє собою контейнери або клімат-шафи з обладнанням і антен які розміщуються на спеціально побудованій вищці (Рис. 1.1)



Рисунок 1.1 (а, б, в) – Приклади базових станцій

Кожна базова станція залежно від типу місцевості та наявності перешкод, в середньому, «ловить» сигнал від мобільних пристроїв на відстані до 35 кілометрів.

Для підвищення якості обслуговування оператори також встановлюють фемтостільники – малопотужні та мініатюрні станції стільникового зв'язку, призначені для обслуговування невеликої території. Вони дозволяють швидко поліпшити покриття в тих місцях, де це необхідно.

Мобільний пристрій, що знаходиться у мережі, прослуховує ефір і знаходиться сигнал базової станції. Крім процесора і оперативної пам'яті, сучасна SIM-карта також містить унікальний ключ, який дозволяє авторизуватися в мережі. З'єднання телефону зі станцією може здійснюватися за різними протоколами - наприклад, цифровий DAMPS, CDMA, GSM, UMTS, LTE.

В Україні для мобільної мережі виокремлено три діапазони частот - 900 МГц, 1800 МГц і 2600 МГц. При цьому 900 МГц покриває найбільшу територію з представлених діапазонів, але меншу пропускну здатність; 2600 МГц має найкоротший діапазон, але має велику пропускну здатність і пропускну здатність; 1800 вважається золотою серединою і є найпопулярнішим. Враховуючи вищезазначені характеристики діапазонів частот, їх використання виправдано типом проблеми, яку оператори намагаються вирішити в цій комірці. Наприклад, 900 МГц використовується в малонаселених районах або місцевостях (села, ліси, степи), тому що абонентів небагато і цього діапазону достатньо для задоволення потреб споживачів. Водночас 900 МГц дозволяє створювати осередки великих розмірів, тому оператору необхідно встановлювати меншу кількість базових станцій порівняно з іншими частотними діапазонами, що дозволяє оператору економніше витратити ресурси. З іншого боку, діапазон 2600 МГц обслуговує дуже обмежену територію, але дозволяє підтримувати велику пропускну спроможність мережі, таку як ємність і пропускну здатність, тому його розміщують у місцях високої концентрації людей. У всіх інших випадках, коли немає необхідності підтримувати надмірно велику кількість пристроїв, але

немає можливості підтримувати надмірно велику територію, оператори використовують діапазон 1800 МГц.



Рисунок 1.2 – Приклад застосування базових станцій різних діапазонів частот

У процесі еволюції мобільні мережі пережили кілька поколінь: від аналогових систем до цифрових з великими швидкостями передачі даних.

1.2 Еволюція мобільної мережі

Протягом останніх кількох десятиліть спостерігався величезний прогрес у мобільному бездротовому зв'язку. Системи мобільного зв'язку зазнали приголомшливих змін. Ми почали з технології 1G, яку за дуже короткий проміжок часу замінили 2G, 3G, 4G, а тепер навіть 5G. Еволюція виявилася прогресом більш поширеною протягом останніх кількох років через швидку зміну з 1G на 5G у портативних інноваціях. І як ми сьогодні використовуємо технології. Ця зміна обумовлена необхідністю досконалих інноваційних технологій передачі даних та великим збільшенням кількості клієнтів телекомунікацій для повсякденного використання, включаючи бізнес, освітній

сектор та майже будь-яку іншу галузь. Тут ми побачимо еволюцію та історію стільникових мереж протягом багатьох років!

1G. Перше покоління стільникових мереж почали розробляти до 70-х років минулого століття, а реалізувати в 1984 році. Одними з основних стандартів того часу є AMPS, TACS, NMT. Для передачі інформації різних каналів в них використовувалися ділянки спектру частот, з смугами каналів в різних стандартах від 12,5 до 30 кГц. Стандарти першого покоління мали низьку ємність, що є прямим наслідком недостатньо раціонального використання виділеної смуги частот при частотному поділі каналів. У нього була певна кількість недоліків: прослуховування розмов абонентів, обмежена зона дії, відносно мала ємність. Достатньо часто зникав сигнал та складно було додзвонитися в інші країни і відразу ж значні сили були спрямовані на пошук більш досконалих технічних рішень [2].

2G. Старт розробок – 1980р., реалізація в 1991р. Його практичне використання почалося в 1993 р. Друге покоління безпроводової мережі 2G вже підтримувало передачу текстових повідомлень (SMS), а також технологію передачі даних (CSD), яка дозволяла передавати дані в цифровому вигляді. Все це дозволило збільшити швидкість передачі даних до 14,4 Кбіт/с, що було порівняно зі швидкістю стаціонарних модемів в середині 1990-х років.

Передача даних за технологією CSD здійснювалася за аналогією зі звичайними модемними з'єднаннями, тобто щоб почати передачу даних потрібно було зробити дзвінок в умовах того, що тарифні плани в той час вимірювалися в хвилинах, а CSD була схожа звичайному дзвінку, такий спосіб був незрівнянно дорогим і дана технологія не набула поширення. Поява сервісу GPRS дозволило переломити хід розвитку мереж стільникового зв'язку в бік еволюції мобільного інтернету. З GPRS мобільні користувачі могли здійснювати передачу даних тільки тоді, коли це необхідно. До того ж, GPRS може працювати збільшеною, ніж CSD, швидкістю-теоретично до 171,2 Кбіт/с, а оператори отримали можливість тарифікувати трафік, а не час на лінії.

3G. 3G повинні підтримувати передачу даних на швидкості 2Мбіт/сек на стаціонарних терміналах і до 384 кбіт/сек. Крім цього стандарт має на увазі легку еміграцію з мереж 2G. Це реалізовано як на транспортному рівні (обладнання мереж 3G підтримують АТМ) на інаканальному рівні (багато логічних каналів запозичені у попереднього покоління).

3.5G. HSDPA (англ. High-Speed Downlink Packet Access - високошвидкісна пакетна передача даних від базової станції до мобільного телефону) – стандарт мобільного зв'язку, розглядається фахівцями як один з перехідних етапів міграції до технологій мобільного зв'язку четвертого покоління (4G). Саме ця технологія основана на пакетній передачі даних від БС до абонента, що відповідає стандарту HSDPA, та обміном даних від абонента до БС. Максимальна теоретична швидкість передачі даних за стандартом становить 14,4Мбіт/сек., практична досяжна в існуючих мережах - близько 8Мбіт / сек.

4G. За специфікацією мережі четвертого покоління повинні забезпечувати швидкості передачі даних в стаціонарних пристроях до 1Гбіт/сек, в мобільних пристроях до 100Мбіт / сек. Стандарти WiMAX і LTE співвідносять до мереж 4G, однак це вірно тільки частково. Незважаючи на те, що на відміну від мереж 3G в них використовується принципово нові схеми мультиплексування-OFDMA, практично вся пропускна здатність віддана під передачу даних (голосові виклики можуть здійснюватися за допомогою VoIP), але все-таки LTE і WiMAX поки незабезпечують необхідну швидкість передачі даних [3].

Таким чином ми бачимо, що мережі мобільного зв'язку дуже перспективні і вданий час швидкими темпами змінюють один одного. Не встигли мережі третього покоління стати звичними користувачеві, на зміну їм прийшла LTE, і вданий час вкладаються великі інвестиції світовими компаніями в розробку мережно наступного покоління-5G.

В даний час йде тенденція на розвиток стандарту LTE-advanced. Фахівці з безпроводового зв'язку називають LTE-Advanced «істинним 4g», тому що на відміну від звичайного 4G LTE, він насправді відповідає технічним

специфікаціям Міжнародного союзу Електрозв'язку для безпроводових систем четвертого покоління.

LTE-Advanced теоретично може досягати швидкість скачування 3 Гбіт/сек, а швидкість віддачі 1.5. Для порівняння, LTE досягає близько 300 Мбіт/сек на скачування і 75 Мбіт / сек на віддачу. І LTE-ADVANCED відрізняється не тільки високими швидкостями. Він так само включає в себе нові протоколи передачі даних, більш стабільну передачу даних між станціями і більшу кількість біт в секунду в кожному Герці спектра. Як результат підвищується ємність мережі, більш стабільні з'єднання і більш дешеві дані, що передаються по мережі [4].

Як впливає з назви, LTE-Advanced є модернізацією протоколу LTE. Ці стандарти є взаємно сумісними, що дуже добре підходить для користувачів мобільних телефонів. Нові телефони, що підтримують LTE-Advanced, будуть так само працювати з протоколом LTE, а старі LTE телефони будуть підключатися до нового типу мереж. Так само операторам не треба буде виділяти новий діапазон радіочастотного спектру і розгортати нову інфраструктуру, як це було при переході від 3G до LTE.

Оскільки стандарт LTE - advanced не окрема технологія, а сукупність технологій, деякі оператори мобільного зв'язку можуть використовувати тільки одну з можливостей LTE-Advanced, наприклад таку як carrier aggregation. Ця функція підвищує пропускну здатність каналу, доступну мобільному пристрою, склеюючи разом частотні канали, які знаходяться в різних частинах спектра радіочастот. Звичайні LTE мережі можуть передавати дані з використанням безперервного блоку частот до 20 МГц в ширину. Але так як все більше і більше компаній займають радіочастотний спектр, такі великі блоки є дефіцитними. Оператори, купивши частини спектра, де вони з могли їх купити, мають фрагментовані колекції [5].

Carrier aggregation вирішує цю проблему. Він дозволяє операторам об'єднати свої вузькі розрізнені канали в один великий канал зв'язку. Щоб надати LTE-Advanced послугу, наприклад поєднання двох окремих каналів, на частоті

800МГц і 1800МГц, в один канал, шириною 20МГц, по суті подвоює швидкість передачі даних, доступних для кожного користувача.

Крім carrieraggregation, чотири інші ключові особливості відрізняють LTE-advanced від своїх попередників. Перша з них МІМО (multipleinput, multipleoutput) –безліч входів, безліч виходів, дозволяє базовим станціям і мобільним пристроям приймати і передавати дані за допомогою декількох антен. LTE-Advanced дозволяє підтримувати до восьми пар антен для завантаження даних і до чотирьох пар для віддачі.

МІМО виконує 2 функції. У галасливому радіо середовищі на краю станції або, наприклад, в рухомому транспорті. Передавачі і приймачі починають працювати разом, щоб сфокусувати сигнал в одному напрямку. Це "формування променя" підвищує стійкість сигналу без збільшення потужності передавача [6].

Останнім пунктом в широкому наборі сервіс і в протоколу LTE-advanced буде СомР (coordinated multipoint). Він дозволяє збільшити швидкість передачі даних і поліпшити якість сигналу. По суті, він дає можливість обміну мобільному пристрою між декількома базовими станціями одночасно. Наприклад, дві сусідні базові станції можуть одні й ті ж дані передавати на пристрій, збільшуючи його шанси отримати хороший сигнал.

5G. У порівнянні зі своїм попередником, мережа 5G буде мати ряд переваг. Це і сторазове збільшення швидкості, і тисячократне зростання пропускної здатності. Швидке зростання кількості смартфонів і інших пристроїв, оснащених Інтернет-доступом, призведе до високого навантаження існуючих сьогодні каналів передачі даних. Мережа 5G як раз і покликана вирішити цю проблему. Основні вимоги до стандартів 5G: швидкість передачі даних від 1 до 10 Гб/с; збільшення кількості підключених пристроїв у 100 разів; десятикратне зменшення енергоспоживання при роботі в мережі; мінімальний час затримки (не більше 5 мс); збереження вартості використання.

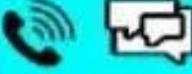
1G	2G	3G	4G	5G
				
				
2.4 Kb/s	64 Kb/s	2 Mb/s	100 Mb/s	More than 1 Gb/s
				
Послуга голосового зв'язку на базі аналогового зв'язку TACS	Послуга дигітального голосового зв'язку + SMS GSM/GPRS/EDGE	Мобільне широкопasmове з'єднання (Інтернет) WCDMA/CDMA/UMTS	Мобільне широкопasmове з'єднання (Відео) LTE A	Об'ємна передача даних без затримки -

Рисунок 1.3 – Розвиток поколінь мобільного зв'язку

1.3 Технологія LTE та її представлення на території України

Впровадження мережі 4G LTE приніс значних зручностей у життя користувачів. З появою даної технології в Україні мобільний інтернет став працювати в рази швидше, у зв'язку з чим багато хто користувачі змінили стаціонарний інтернет на бездротової. Однак така честь випала не всім жителям країни – у багатьох населених пунктах, що знаходяться далеко від обласних центрів, зв'язок 4G до недавнього часу або відсутня, або працювала нестабільно. Літо 2020 року стало переломним моментом: саме в це період були вжиті заходи, пов'язані з поліпшенням зв'язку [7].

Розвиток технологій стільникового зв'язку не закінчився на мережі 4-го покоління, уже деякий час ведеться розробка мереж 5-го покоління. Але попри поширення мережі стандарту LTE ще досі залишаються території на яких

переважають технології стандартів 3G. Сама ж технологія LTE є логічним продовженням і удосконаленням мереж GSM/UMTS у розвитку поколінь широкопasmового стільникового зв'язку. За системою LTE, яка розвивалась навколо радіодоступу 3GPP технології протягом певного періоду, були зроблені деякі цільові висновки для того, щоб дати узагальнені цілі та вимоги до випуску LTE, деякі з них:

- Скорочення затримок;
- Значне збільшення швидкості передачі даних;
- Краща та простіша архітектура мережі;
- Абсолютне збільшення гнучкості для використання спектра;
- Зниження споживання енергії для користувацького обладнання.

Але найголовніше, що для технології LTE була бажана безперервність у системі. Технологія LTE відповідає усім вимогам 3GPP, а навіть перевершують їх, тому й мережу LTE називають універсальною технологією. Також використовується мережа радіодоступу (RAN), яка забезпечує час затримки лише до 10 мс, а в низхідному каналі пікова швидкість передачі даних переважає 100 Мбіт/с. За рахунок більшого діапазону ширини смуги пропускання можливе розташування в частотних діапазонах від 5 МГц і аж 20 МГц для несучих. Технологія використовує як часовий розподіл дуплексних каналів (Time-Division Duplex, TDD) так і не може обійтися без частотного (Frequency-Division Duplex, FDD) [1]. Велика перевага технології в тому, що можлива естафетна передача, а роумінг уже з існуючими мережами стільникового зв'язку попередніх поколінь забезпечує абонента якісним мобільним зв'язком на який не впливає місцезнаходження користувача.

У мобільних операторах не виникнуть проблеми з впровадженням технології LTE у вже працюючі мережі та спектра частот, оскільки використовується широкопasmові і мультимедійні послуги.

Отже, територія країни повністю забезпечена покриттям мережею четвертого покоління, але залишаються місця де не представлено високоякісне забезпечення сучасним стільниковим зв'язком. На певних територіях віддалених

населених пунктів рівень зв'язку незадовільний. Але розвиток стільникового зв'язку не припиняється і вже в найближчому майбутньому вся територія України буде забезпечена міжнародним стандартом LTE-Advanced. Вже почали опановувати частоти 900 МГц, хоча під час впровадження мережі 4G використовувались частоти 1800МГц та 2600МГц, що дозволяють розширити та покращити покриття. Якщо використовувати частоти 900 МГц можна суттєво зменшити кількість базових станцій, завдяки цьому віддаленні населенні пункти будуть забезпечені якісним зв'язком та доступом в мережу Інтернет

Висновки до 1 розділу

Технологія LTE - це вдосконалений та зручний стандарт, який дозволяє мешканцям приватних будинків легко отримувати доступ до бездротового Інтернету вдома. З 2020 року оператори України активно скуповують ліцензії на впровадження оновленого стандарту LTE 4G, здатного працювати в межах 900 МГц. На даний момент зв'язок здебільшого для мобільних пристроїв здійснюється по частоті 1800 МГц, причому базові станції поширюються в геометричній прогресії. Основним завданням нововведення є збільшення радіусу дії цих станцій з метою розширити доступність в найвіддаленіших населених пунктах.

Як відомо, з певного часу в Україні розпочалося будівництво мережі 4G у низькочастотному діапазоні 900 МГц усіма трьома операторами – Київстар, Lifecell, Vodafone. Цей широкомасштабний проект, забезпечує високо швидкісний мобільний Інтернет на майже всій території України.

Базові станції GSM 900 МГц найпершими з'явилися як в Україні, так і в більшості країн, де цей стандарт мобільного зв'язку впроваджувався. Крім того, досить низька частота, на якій вони працюють, забезпечує найбільшу площу покриття порівняно з іншими вищими за частотою діапазонами. До останнього часу вежі 900 МГц використовувалися для забезпечення мобільним зв'язком переважно у сільській місцевості.

Виходячи з цього, цілком логічною є ідея використання цього діапазону для впровадження технології LTE B8 (4G на частоті 900 МГц). Все, що потрібно операторам – поставити додаткове обладнання. Не секрет, що базова станція має певну межу потужності обмежену як санітарними нормами, так і вимогами стільникового побудови покриття (для технології GSM 900). Оскільки і канали LTE, і GSM йдуть по одному діапазону, а спектр LTE набагато більший, то по кожному окремому каналу потужність може падати. І це помічено власниками звичайних телефонів, на яких кількість стовпчиків сигналу різко скоротилася після появи 4G, а значить, безсумнівно, зменшилася потужність одержуваної від вежі GSM.

Можуть бути звичайно і складніші причини, оскільки зазначимо, що базові станції LTE працюють за принципом максимально можливого випромінювання, а традиційний голосовий зв'язок будується на основі стільникової архітектури, як уже було сказано. Це змушує оператора, який впровадив технологію LTE, зайнятися новим перерозподілом частот каналів, щоб самому на себе не наводити перешкоди, а також враховувати подібний перерозподіл у конкурентів, які так само поспішають ввести в експлуатацію LTE Band 8 в цій же місцевості. З цієї причини може спостерігатися догляд каналів для голосу більш високі частоти діапазону, а також ряд інших коригувань, здатних зменшити рівень сигналу.

У той же час покриття 4G 900 МГц далеко не скрізь ідеальне і для того, щоб отримати нормальну швидкість цього стандарту потрібно обов'язкове посилення сигналу.

2 ІНФРАСТРУКТУРА БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ

2.1 Системний модуль

Для швидкого розвитку новітніх технологій, оператори мобільного зв'язку постійно розширюють та підшукують нове обладнання, які пропонують різні фірми для створення якісних, багатофункціональних і перспективних у подальшому ефективних і дохідних мереж мобільного зв'язку. З цією метою фірмою ZTE розроблено базові станції серії B8200, які розроблені на основі високопродуктивної платформи та використовують оптимізовану апаратну та програмну архітектуру. Дана базова станція може працювати в кількох режимах завдяки своїй прогресивній модульній конструкції. Вони також мають широку пропускну спроможність, екологічні та легко модернізуються.

Модуль BBU8200, розроблений для використання на базовій станції, є внутрішнім блоком обробки базової частоти, який забезпечує централізоване управління роботою та обслуговуванням, а також обробку сигналів усієї системи базової станції та забезпечує опорний сигнал синхронізації.

Також блок має фізичні інтерфейси для підключення до радіомодулів, системи живлення та транспортного обладнання. В більшості випадків BBU8200 встановлюється в клімат-шафу висотою 47,5 см і шириною 47,5 см. Його також можна встановити в стійку RAN 19", закріпити на стіні будівлі або на металевих конструкціях каркасів обладнання. BBU8200 оснащений додатковими платами, які забезпечують моніторинг навколишнього середовища, інтерфейс і синхронізацію моніторингу сигналу GSM, CDMA, WCDMA і LTE. BBU8200 – компактне, просте в монтажі та підключенні, споживає незначну кількість електроенергії та надає комплектний спектр послуг для роботи в мережі.

Базові станції серії 8200 використовують нові підсилювачі потужності, що забезпечують функцію контролю температури та використовують інноваційну техніку енергозбереження. Крім того, прийнявши передову модульну конструкцію, базові станції серії 8200 використовують багато режимні модулі з

різними частотними діапазонами та кліматичним виконанням, щоб задовольнити вимоги для різних умов використання. Завдяки всім цим перевагам базових станцій серії 8200, мобільні оператори можуть створювати високоякісні мобільні мережі з підтримкою 19 різних режимів роботи та орієнтовані на майбутнє, а капітальні витрати використані на придбання майданчика, розширення потужності та захист навколишнього середовища можуть бути значно зменшені. На Рис. 2.1 показано базову станцію BBU8200.

BBU8200 є блоком управління базової станції та виконує наступні функції:

- централізовано управляє всією базовою станцією, включаючи експлуатацію та обслуговування, обробку сигналів та системний годинник;
- обробляє сигнали висхідної та низхідної ліній;
- забезпечує фізичні порти, які використовуються для підключення базової станції до транспортної мережі для обміну інформацією; канал обслуговування, який використовується для підключення системного модулю до центру експлуатації та технічного обслуговування;
- порти для зв'язку з радіомодулями.

До складу блока обробки базового сигналу (BBU) входять наступні плати:

- CC – плата управління і синхронізації;
- FS – плата матриці комутації;
- BPN2 – плата обробки універсального базового сигналу для LTE/GSM/UMTS;
- SA – плата аварійної сигналізації об'єкта;
- PM – модуль живлення;
- FAM – блок вентиляції;

Функції плати управління і синхронізації (CC):

- комутація Ethernet, комутація даних для послуг і управління інформацією;
- обробка протоколу інтерфейса Abis/Iub;
- моніторинг, контроль і обслуговування системи базової станції, забезпечення функцій інтерфейса LMT;

- контроль стану роботи кожної плати в системі;
- надання інтерфейсам приймача GPS і управління ним.

FS – плата комутаційної матриці, яка забезпечує обробку базового сигналу оптичного інтерфейсу між BBU та RRU, і обробку сигналу I/Q (див. Рис. 2.2)

SA – плата аварійного сигналу

Функції плати SA:

- забезпечення максимального моніторинга аварійного оповіщення роботи вентилятора і контроль частоти обертання;
- забезпечення блискавко захисту для внутрішніх інтерфейсів

BNP2 – плата обробки базового сигналу для LTE/GSM/UMTS.

Функції плати BNP2:

- обробка сигналу базової полоси лінії зв'язку, включаючи кодування даних;
- адаптація швидкості, відображення каналів, розширений спектр і скремблювання;
- регулювання потужності і компонування каналів.

Блок розподілу живлення постійного струму DCPD7 (Рис. 2.1) встановлений у шафі та з'єднаний між-48 V DC джерело живлення та обладнанням, слугує для захисту від перенапруги живлення стійки 19. Підходить для внутрішньої системи розподілу живлення постійного струму низької напруги для захисту обладнання від перенапруги та перехідної перенапруги, викликані зовнішнім середовищем (наприклад, lightning, ЕМІ, перемикачів ефектів системи) або внутрішнє середовище (вмикання та вимикання живлення, запуск або вимкнення індуктивності та ємнісних навантажень та т. д.)



Рисунок 2.1 – Системний модуль VBU8200 та DCPD7

Для встановлення на проєктованій базовій станції оператором мережі вибрано конфігурацію, що включає до роботи мережі 2 плат для підключення радіоблоків, з яких на поточному етапі проєктування буде встановлено додаткові плати FS та BPQ.

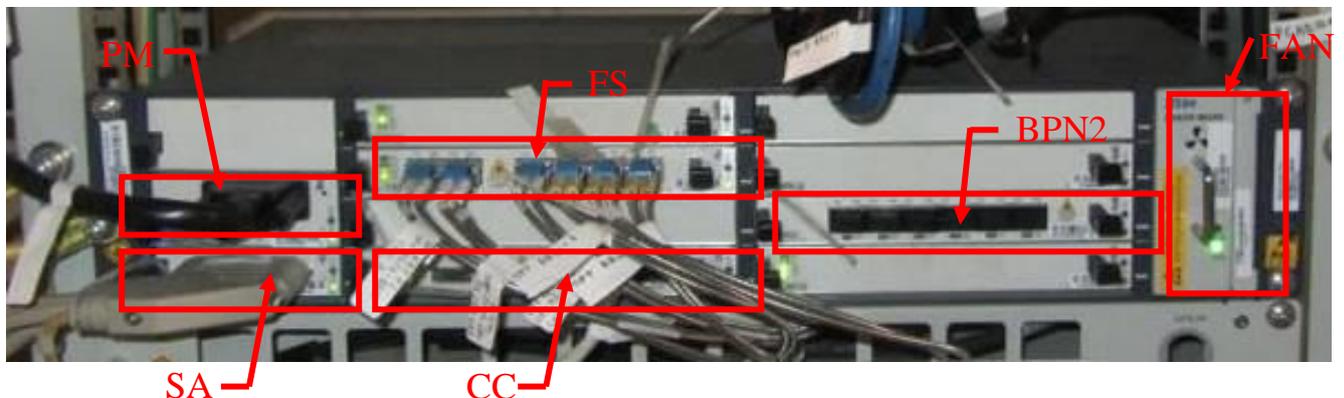


Рисунок 2.2 (а, б, в) – Існуючі та проєктовані системні плати

2.2 Радіомодулі RRU

Для роботи базової станції VBU8200 використовуються виносні радіочастотні модулі, які відповідають вимогам побудови мереж в аспекті розширення ємності, гнучкості установки і модернізації. Впровадження VBU8200 дозволить прискорити розвиток мобільних мереж, забезпечить більшу їх сумісність з іншими мережами, також дозволить використовувати широкосмугові технології.

Радіомодулі слід розглядати як продовження єдиної системи у складі з модулем VBU8200, що є розподіленою базовою станцією компанії ZTE. Будучи базовою станцією системи мобільного зв'язку, VBU8200 складається з блоку обробки базових частот VBU і виносного радіочастотного блоку RRU. Радіочастотний блок RRU, підтримує роботу двох або чотирьох радіопередавачів. RRU є блоком передавача потужності на антени, що використовується для установки як всередині так і ззовні приміщень, також забезпечує роботу модулів зміни електричного кута нахилу секторних антен. Також блок має фізичні інтерфейси для з'єднання з RET і VBU8200. Блок можливо встановлювати на металокаркасі або до стін будівлі безпосередньо біля секторних антен для зменшення втрат сигналу у фідері. Зовнішній вигляд блока RRU представлено на рисунку 2.3.

Між блоками RRU і VBU8200 використовується інтерфейс CPRI, який забезпечує з'єднання двох модулів з використанням оптичних кабелів. Це дозволяє істотно скоротити витрати по створенню апаратного приміщення, встановлення обладнання та експлуатації. Модуль RRU підключається до плат розширення, що встановлюються в модуль БС VBU8200, що забезпечує роботу RRU, моніторинг інтерфейсу передачі даних по оптичному кабелю, це компактне обладнання, просте для установки та експлуатації. RRU - виносний радіочастотний блок. Забезпечує обробку сигналів основних частот і радіочастотних сигналів. Один RRU виконує функцію двох приймачів. Якщо два модуля RRU встановлені в підставі, вони виконують функцію чотирьох

приймачів. Можлива гнучка комбінація встановлення модулів RRU і BBU8200, в залежності від фактичних вимог.



Рисунок 2.3 (а, б, в) – Радіомодулі RRU8852E (LTE-900)

BBU:

- в приміщенні технологічного контейнеру;
- на стійці RAN19" та на .
- в середині спеціально відведених приміщень (апаратна);

BBU8200 має такі переваги:

- RRU підтримує каскадне з'єднання трьох модулів RRU;
- чутливість вхідного каналу становить -113 дБм;
- максимальна потужність RRU досягає 40 Вт (900 МГц) або 30 Вт (1800 МГц);
- максимальна конфігурація до 12 сот і підтримка багатосмугової мережі;
- підтримується розподілена передача.

Можливості організації мережі:

- E1 - оптичний інтерфейс, підтримка радіорелейної і супутникової передачі.
- Підтримка топологій: зірка, дерево, ланцюг, кільце і змішаних топологій.

- Оптимізована передача з підтримкою виявлення і відновлення пакетів.

При роботі системи синхронізації в режимі тільки внутрішні коливань, система може працювати безперервно протягом 7 днів. Також є підтримка різних режимів синхронізації: підтримка синхронізації з сигналом синхронізації виділеного з інтерфейсу, підтримка синхронізації з системою GPS, синхронізація з зовнішнім джерелом 2 МГц. RRU працює в діапазонах від 900 МГц до 2600 МГц, та мають високу адаптованість до умов навколишнього середовища. RRU - це обладнання, яке може працювати при різних умовах навколишнього середовища. Модуль характеризується адаптованістю до умов навколишнього середовища. RRU має закритий інтегрований дизайн. За водонепроникності відповідає стандарту (IP65). Заходи захисту від впливу вологи, цвілі і соляного туману відповідають специфікаціям класу 1. Діапазон робочих температур RRU: -40 С° до +50 С°. RRU може працювати при широкому діапазоні робочих напруг: -36 В до -57 В (номінальна напруга -48 В). Використовуваний блок живлення перетворює 220 В отримані з мережі електроживлення в -48 В для роботи RRU.

Модуль має підтримку антен з Remote Electric Tilt (RET). Використання антен RET дозволяє налаштовувати мережеве покриття шляхом регулювання кута нахилу антен дистанційно. При цьому заощадити витрати на експлуатацію та обслуговування.

Переваги використання даних модулів полягають у роздільному використанні BBU і RRU, компактний дизайн і розподілена установка дозволяють заощадити простір на сайті і змонтувати BBU і RRU практично в будь - якому місці. Розподілена установка також забезпечує зручність при транспортуванні і швидке розгортання мережі. RRU може встановлюватися в будь-якому місці на стіну або на бетонну основу. Також RRU встановлюється всередині BTS, пристроїв передачі або в системі живлення, при монтажі поза приміщеннями. Найкращий варіант, коли RRU встановлюється поблизу антен. Це дозволяє уникнути витрат на придбання і монтаж кабелів і фідерів.

Забезпечується висока надійність роботи системи, так як, кожен RRU забезпечує два високошвидкісні порти CPRI для забезпечення взаємодії RRU і

BBU в топології кільце. Один додатковий порт CPRI надає резервний канал між BBU і RRU. В одному підстативі можна встановити два модулі RRU для підтримки розподіленої передачі, забезпечення більшої ємності і більшого числа несучих. При збої одного з працюючих модулів RRU, резервний забезпечує послуги в соті.

2.3 Секторні антени

У стільниковому зв'язку найчастіше використовують секторні панельні антени, які мають діаграму спрямованості шириною в 120, 90, 60 і 30 градусів. Приклад організації рівномірного покриття у всіх напрямках показаний на Рис. 2.4.

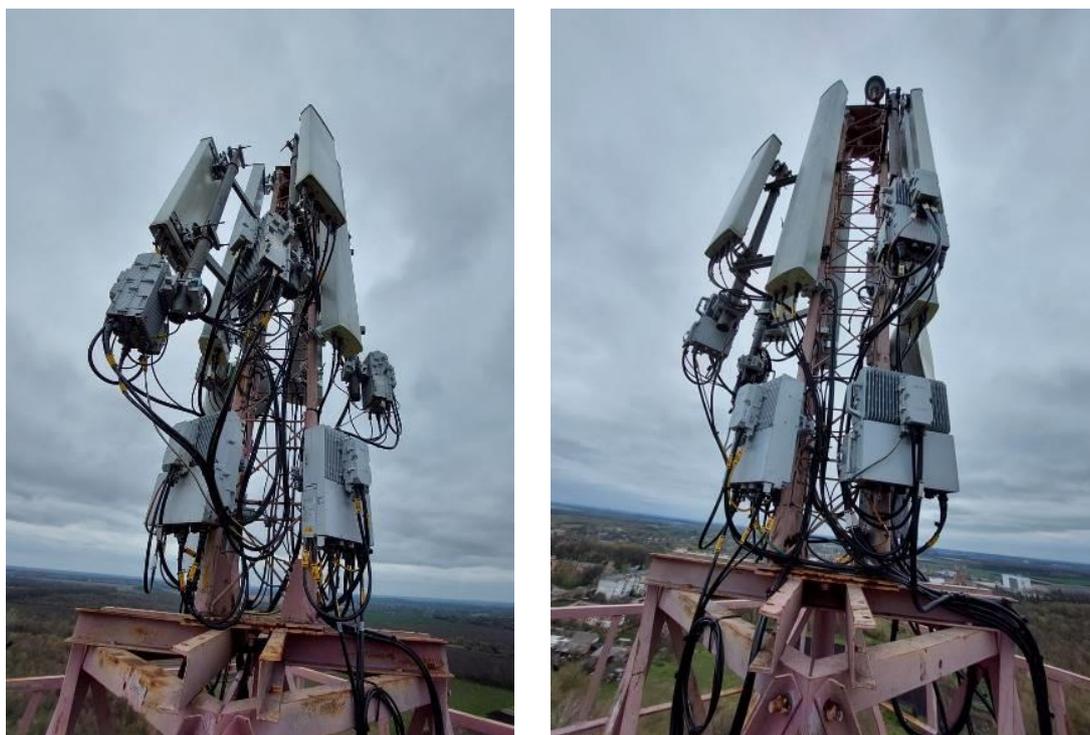


Рисунок 2.4 – Організація рівномірного покриття мережі

Відповідно для організації зв'язку в усіх напрямках (від 0 до 360) може знадобитися 3 (ширина діаграма спрямованості 120 градусів) або 6 (ширина діаграма спрямованості 60 градусів) антенних блоків.

Більшість антен базових станцій широкосмугові, що дозволяють працювати в одному, двох або трьох діапазонах частот. Починаючи з мереж UMTS, на відміну від GSM, антени базових станцій вміють змінювати площу

радіопокриття в залежності від навантаження на мережу. Один з найефективніших методів управління випромінюваної потужністю - це управління кутом нахилу антени, таким способом змінюється площа опромінення діаграми спрямованості.

Антени можуть мати фіксований кут нахилу, або мають можливість дистанційного регулювання за допомогою спеціального програмного забезпечення наявного в блоці управління БС, і вбудованих фазообертачів. Існують також рішення, що дозволяють змінювати зону обслуговування, від загальної системи управління мережі передачі даних. Таким чином, можна регулювати зону обслуговування всього сектора базової станції.

У антенах базових станцій застосовується як механічне управління діаграмою, так і електричне. Механічне управління простіше реалізується, але часто призводить до спотворення форми діаграми спрямованості через вплив конструктивних частин. Більшість антен БС має систему електричного регулювання кута нахилу.

2.4 Радіорелейна станція

Кругла антена – радіорелейна (РРЛ). На даний час радіорелейні системи використовуються для з'єднання віддалених об'єктів в одну мережу, коли немає можливості пов'язувати воедино віддалені комп'ютерні мережі, або ж прокладання оптоволоконних магістралей економічно не вигідно, а також для створення магістральних каналів опорної мережі для операторів зв'язку. При установці двох таких антен важливо щоб вони були направлені одна на одну (цей процес називається юстировка), тому що при мінімальному відхиленні, зменшується пропускна здатність. Антени можуть бути різного діаметру від 30 см до 2,5 м) і працювати в різних частотних діапазонах (в залежності від відстані, типу місцевості і потреб оператора).



Рисунок 2.5 – Антени радіорелейного зв'язку (РРЛ)

Основні переваги сучасних радіорелейних ліній зв'язку:

- швидке розгортання ліній зв'язку при відносно невеликих фінансових інвестиціях;
- можливість безперешкодного проходження мережі над транспортними магістралями, над водними поверхнями;
- висока рентабельність експлуатації радіорелейних мереж;
- мінімальна вартість експлуатації мереж;
- ефективна організація якісного зв'язку у складних географічних та кліматичних умовах;
- ефективне використання смуги частот;
- відновлення зв'язку в районах стихійних лих при рятувальних операціях.

2.5 Блок акумуляторний

Після відключення світла базові станції мобільного оператора, що забезпечують зв'язок та доступ до інтернету, можуть продовжувати працювати завдяки акумуляторам та генераторам (Рис. 2.6). В середньому акумуляторні

батареї здатні забезпечувати автономну роботу базової станції від 2 до 5 годин, при умові повної зарядки. Повне зарядження акумуляторів триває за 12 годин, но розряджаються набагато швидше. Після того як акумулятори розряджаються, обладнання підключається до генераторів, які нажаль є не на всіх базових станціях.



Рисунок 2.6 – Блок акумуляторний Monbat 12MVR155L

Слід зазначити, що коли відбувається масштабне відключення світла – збільшується навантаження на мережу мобільного оператора, оскільки більше абонентів переходять на користування мобільним інтернетом та голосовим зв'язком.

У день потрібно близько 100 літрів палива для роботи генератора, що обслуговує одну базову станцію. Тобто, тривалість роботи нашого обладнання під час масштабних відключень електроенергії залежить від кожної конкретної локації та можливостей забезпечити на цій локації генератори з регулярним підвозом палива.

Висновки до розділу 2

Стільниковий зв'язок використовує радіохвилі для з'єднання смартфонів із мережею. Базові станції роблять це з'єднання можливим. Звичайно, головний її елемент - це антени. Але це далеко не все обладнання.

Антени лише передають та приймають сигнал. Головне їх завдання передати сигнал у заданому напрямку, щоб стільника з одного боку мала досить широке охоплення, але при цьому не заважала сусіднім станціям.

З іншого боку, антени мають приймати сигнал від смартфонів. Головна складність полягає в тому, що цей сигнал дуже малий: це мільйонні частки вата. Це приблизно як розглядати зірки в денному небі - треба докласти неабияких зусиль.

Антени стільникового зв'язку, які ще називають панельними або секторними, легко побачити на будинках та стільникових вежах. Це сірі вертикальні прямокутники.

Але антени стільникового зв'язку не працюють власними силами. Щоб обробити прийнятий сигнал, а також створити його для передачі до смартфонів, потрібні радіомодулі або, по-іншому, радіоблоки.

Головне завдання цього елемента – перенесення сигналу в потрібний частотний діапазон. Не лише різні оператори, а й різні стандарти стільникового зв'язку працюють паралельно. Щоб не заважати "сусідам", кожен має працювати у своїй смузі – частотному каналі.

Радіомодуль повинен перенести сигнал стільникового зв'язку в точно задану ділянку частотного спектра. У бік прийому радіомодуль також переносить сигнал із заданого частотного діапазону. Також він виконує завдання щодо фільтрації та відновлення форми сигналу.

Радіомодуль по-іншому можна назвати приймально-передавачем. Це зв'язковий світ дротів і радіоефіру. Він пов'язує два середовища передачі.

Крім антен і радіомодулів у класичній базовій станції обов'язково присутній системний блок. Його основне завдання сформувати сигнал, що

передається в ефір, а також виділити з прийнятого антеною і радіомодулем сигналу передану смартфоном інформацію.

Крім того, системний модуль виконує багато інших завдань. Наприклад, він керує передачею службової інформації до центру мережі та смартфонів, займається шифруванням сигналу, застосовує різні техніки, що підвищують перешкодостійкість радіопередачі.

Ще одне важливе завдання - це взаємодія з елементами стільникової мережі, що наступають в ієрархії. У 2G і 3G - це був контролер базових станцій, а 4G - безпосередньо ядро мережі.

Системний модуль часто грає роль транспортного устаткування. До нього можуть підключатися кабель або оптоволоконної лінії зв'язку, або радіорелейної лінії зв'язку, залежно від того, як організована транспортна мережа конкретно до цієї станції.

Також на базовій станції можуть бути інші додаткові елементи та системи. Їх набір сильно залежить від того, як влаштована апаратна базова станція і чи є вона взагалі.

Найчастіше, на базовій станції є обладнання електропостачання та транспортної мережі. Також, як правило, можна зустріти комплект акумуляторних батарей. Додатково може бути встановлено обладнання ПЗВ – червоні вогні для позначення габаритів стільникової вежі.

Якщо підбити підсумок, базова станція - це багатокomпонентний вузол. Кожен його елемент окремо відносно простий, але складне завдання виконати можна лише спільно.

3 ПРОЕКТ З МОДЕРНІЗАЦІЇ (РОЗШИРЕННЯ ДО ПІДТРИМКИ СТАНДАРТУ LTE-900) БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ UP1859 ПРАТ «КИЇВСТАР» М. ХОРОЛ

3.1 Обладнання, що планується для встановлення на базовій станції

Базова станція призначена для забезпечення мобільним телефонним зв'язком абонентів мережі ПрАТ "Київстар" на прилеглий території та з'єднання їх з телефонною мережею загального користування, міжміського та міжнародного зв'язку, абонентами мережі стільникового мобільного зв'язку інших операторів зв'язку. Клієнтам надаються також інші послуги, що підтримуються стандартом мережі.

Базова станція UP1859 розташована за адресою: Полтавська обл., Хорольський р-н, м. Хорол.

В інфраструктуру базової станції входять:

приміщення апаратної базової станції;

- обладнання базової станції;
- система енергозабезпечення.

Проектом передбачається модернізація базової станції UP1859 стандартів GSM-900/LTE-900/DCS-1800/LTE-1800/UMTS-2100, а саме:

- виконати демонтаж антен K739624 (GSM-900) (3 шт.);
- виконати демонтаж радіомодуля R8863 S9000 (GSM-900) (1 шт.);
- монтаж проєктованих антен TDJ-709018DEI-65Fv03 (GSM-900/LTE-900) (3 шт.) на поясах сталевий наставки вежі;
- монтаж проєктованої антени 2UPX0307P-C LTE-900 (1 шт.) на проєктовану трубостійку H=3.0 м;
- монтаж радіомодулів R8852E S9000 (5 шт.) на проєктовані трубостійки H=3.0 м;
- блоки R8852E з'єднати з антенами за допомогою джамперів 1/2" довжиною 3,0 м;
- для блоків R8852E прокласти оптоволоконні кабелі (4 шт.) та кабелі живлення (4 шт.);

– виконати встановлення системної плати FS5A (1 шт.) та модуля живлення PM3 (1 шт.) в існуючу ВВУ.

– виконати встановлення системної плати ВРQ0 (1 шт.) в існуючу ВВУ;

– виконати встановлення модуля живлення DСPD7 (1 шт.).

Проектом передбачається використання вежі Н=70,7 м на землі для розміщення антенно-фідерних пристроїв. Для розміщення технологічного обладнання БС UP1859 проектом передбачається використання технологічного контейнеру.



Рисунок 3.1 (а, б, в) – Вежа ПрАТ «Київстар» та приміщення апаратної

При модернізації БС необхідно враховувати:

- забезпечення оптимальної відстані між обладнанням та антенами;
- виключення будинків, що екранують зі спрямованості поля антен;
- розрахунок санітарно-захисних зон і зони обмеження забудови;
- розрахунки несучої спроможності елементів споруди

Таблиця 3.1 – Приймально-передавальне станційне обладнання RBS

Тип RBS	Кількість передавачів, шт.	Потужність передавача, (dBm)	Стандарт	Сектор	Азимут
BBU 8200	8/1	15/40	GSM-900/ LTE-900	A	40°
	8/1	15/40		B	180°
	8/1	15/40	LTE-900	M	320° (290°)
	8/1	15/40		C	320° (350°)
	8/1	15/40	GSM-900/ LTE-900	C	320°
	8/1	20/40	DCS-1800/ LTE-1800	A	40°
	10/1	20/40		B	180°
	10/1	20/40		C	320°
	3	26,67	UMTS-2100	E	40°
	3	26,67		F	180°
	3	26,67		G	320°

Електроживлення BBU8200 здійснюється постійним струмом напругою - 48В від існ. електроживильної установки ZXDU68 -48V (Рис. 3.2) за допомогою існуючих модулів живлення DCPD6, DCPD7 та проектного модуля живлення DCPD7



Рисунок 3.2 – Електроживильна установка ZXDU68 -48V (фірми ZTE)

Зв'язок базової станції з центром комутації (MSC) здійснюється через радіорелейну мережу доступу. Розміри і маса проектного обладнання вказані у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розміри і маса проектного обладнання

Назва	Розміри (мм)			Маса, кг	Загальна
	Ширина	Глибина	Висота		
Антенa TDJ-709018DEI-65Fv03 (3 шт.)	270	140	2580	23,0	69,0
RRU R8852E (3 шт.)	296	104	415	16,0	48,0
RRU R8852E (2 шт.)	296	104	415	16	32
Антенa 2UPX0307P-C (1 шт.)	598	169	2000	42,9	42,9

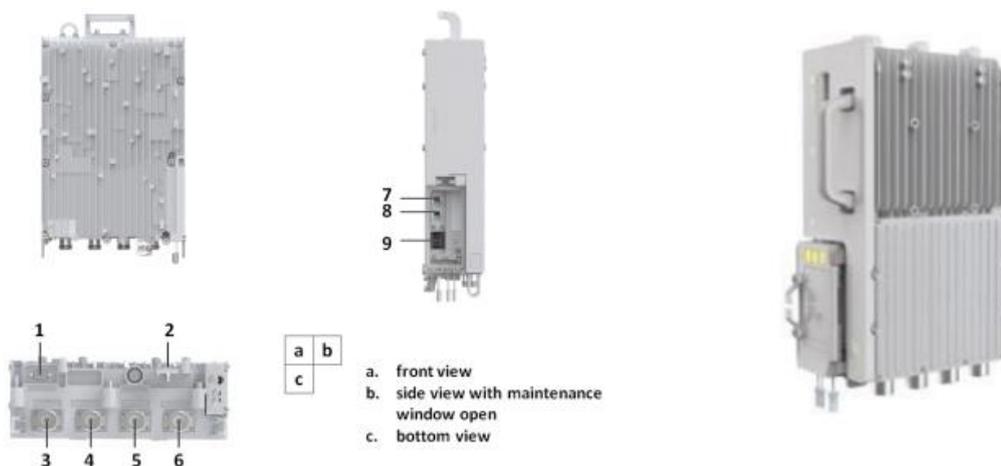


Рисунок 3.3 – Загальний вид R8852E

До складу антенних пристроїв БС UP1859 входять три антени TDJ-709018DEI-65Fv03, одна антена Br2UPX0307P-C, дві антени TDQ-172718DEI-65FT2v01 та три A194518R0v01. Характеристики обладнання представлені в таблиці 3.3 та 3.4

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики (початок)

№	Найменування	Технічна характеристика			
1.	Тип передавача	R8852E (LTE900) (5 шт.)			
2.	Позначення передавача	Сектор А	Сектор В	Сектор М/С	Сектор С
3.	Кількість передавачів	8/1	8/1	8/1	8/1
4.	Робоча потужність передавача, Вт	15/40	15/40	15/40	15/40
5.	Робочий діапазон частот передавачів	935-960 МГц			
6.	Азимут випромінювання, °	40	180	320 (290/350)	320
7.	Тип антени	TDJ-709018DEI-65Fv03 (Дод. Г)	TDJ-709018DEI-65Fv03 (Дод. Г)	2UPX0307P-C (Дод. Д)	TDJ-709018DEI-65Fv03 (Дод. Г)
8.	Коефіцієнт підсилення антени, дБі	17,7	17,7	18,0	17,7
9.	Висота фаз. центру антени: - над рівнем землі, м	68,8	68,8	61,8	68,8
10.	Довжина ВОК, м	-	-	2*80	-
11.	Сумарні втрати, дБ	0,35	0,35	0,35	0,35
12.	Електричний кут нахилу, град.	2	2	2	2
13.	Механічний кут нахилу, град.	0	0	0	0
14.	Сумарний кут нахилу, град.	2	2	2	2
15.	Координати: X, м/Y, м	0/0	0/0	0/0	0/0

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики (кінець)

16.	Тип передавача	R8863 (DCS-1800/LTE-1800) (2 шт.)+ R8862A (DCS-1800/LTE-1800) (3 шт.)		
17.	Позначення передавача	Сектор А	Сектор В	Сектор С
18.	Кількість передавачів	8/1	10/1	10/1
19.	Робоча потужність передавача, Вт	20/40	20/40	20/40
20.	Робочий діапазон частот передавачів	1805-1880 MHz		
21.	Азимут випромінювання, °	40	180	320
22.	Тип антени	A194518R0v0 1 (Дод. Е)	TDQ- 172718DEI -65FT2v01 (Дод. Є)	TDQ- 172718D EI- 65FT2v01 (Дод. Є)
23.	Коефіцієнт підсилення антени, дБі	17,	17,2	17,2
24.	Висота фаз. центру антени: - над рівнем землі, м	68,8	68,8	68,8
25.	Довжина ВОК, м	-		
26.	Сумарні втрати, дБ	0,491	0,491	0,491
27.	Електричний кут нахилу, град.	0	0	0
28.	Механічний кут нахилу, град.	0	0	0
29.	Сумарний кут нахилу, град.	0	0	0
30.	Координати: X, м/У, м	0/0	0/0	0/0
31.	Тип передавача	R8861 (UMTS-2100) (3 шт.)		
32.	Позначення передавача	Сектор Е	Сектор F	Сектор G
33.	Кількість передавачів	3	3	3
34.	Робоча потужність передавача, Вт	26,67	26,67	26,67
35.	Робочий діапазон частот передавачів	2155-2170 MHz		
36.	Азимут випромінювання, °	40	180	320
37.	Тип антени	A19451811 (Дод. Ж)	A1945181 1 (Дод. Ж)	A19451 811 (Дод. Ж)
38.	Коефіцієнт підсилення антени, дБі	18,1	18,1	18,1
39.	Висота фаз. центру антени: - над рівнем землі, м	18,1	18,1	18,1
40.	Довжина ВОК, м	-		
41.	Сумарні втрати, дБ	0,53	0,53	0,53
42.	Електричний кут нахилу, град.	4	4	6
43.	Механічний кут нахилу, град.	0	0	0
44.	Сумарний кут нахилу, град.	4	4	6
45.	Координати: X, м/У, м	0/0	0/0	0/0

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики РРС

№	Найменування параметру	Значення				
		RTN 320	RTN 320	RTN 320	RTN320_IS6	RTN320_I S6
1	Тип ЦРРС	RTN 320	RTN 320	RTN 320	RTN320_IS6	RTN320_I S6
2	Діапазон частот передавача, ГГц	7 GHz	7 GHz	7 GHz	23 GHz	23 GHz
3	Тип модуляції	128QAM	512QAM L	128QAM	32QAM	128QAM
4	Потужність передавача (dBm)	28	24	26	23	22
5	Коефіцієнт підсилення ант. (dBi)	43.7	18.1	27.4	36.4	29.4
6	Напрямок випромінювання	-	-	-	-	-
7	Азимут випромінювання	118,63°	16,69°	81,78°	322,17°	39,31°
8	Висота фазового центру (м)	37.70	51.10	67.80	49.60	
9	Діаметр антени (м)	1.2	1.2	0.6	0.6	0.6
10	Тип ЦРРС	RTN320_BandD	TN23	RTN320	RTN 380	RTN320
11	Діапазон частот передавача, ГГц	7 GHz	23 GHz	7 GHz	80 GHz	7 GHz
12	Тип модуляції	64QAM	QPSK	512QAM	16QAM	512QAML
13	Потужність передавача (dBm)	26	18	20.7	13	24
14	Коефіцієнт підсилення ант. (dBi)	27.6	39	28.9	32.1	13.1
15	Напрямок випромінювання	-	-	-	-	-
16	Азимут випромінювання	185,19°	74,51°	39,1°	84,45°	186,76°
17	Висота фазового центру (м)					
18	Діаметр антени (м)	0.6	0.3	0.6	0.6	0.6

До проєктованих радіоблоків (Рис. 3.3) прокладаються пара кабелів - оптоволоконний і електроживлення $2 \times 6 \text{ мм}^2$ та $2 \times 10 \text{ мм}^2$ (проект.) через ODCPD1 (Рис. 3.4). Від радіоблока до антен прокладаються перехідні кабелі (джампери), кабелі мають на кінцях з'єднувачі, зі сторони антен та радіоблоків використовуються прямі з'єднувачі.

Кінці джамперів повинні бути промарковані з позначенням номера джамперу відповідно до схеми підключення обладнання. Спосіб нанесення маркування повинен забезпечити стійкість маркування щодо погодних умов і виключати втрату маркування під час проведення монтажних і експлуатаційних робіт.

Монтаж роз'ємів на кабелі здійснюється у відповідності з монтажно-технологічною документацією, що надається фірмою-постачальником кабелів. Після закінчення монтажу роз'ємів проводиться перевірка якості з'єднання, яка здійснюється візуально, а також за допомогою приладу Site Master. Величина

КСХ в будь-якій точці траси (крім точки підключення антени) не повинна перевищувати 1,3.

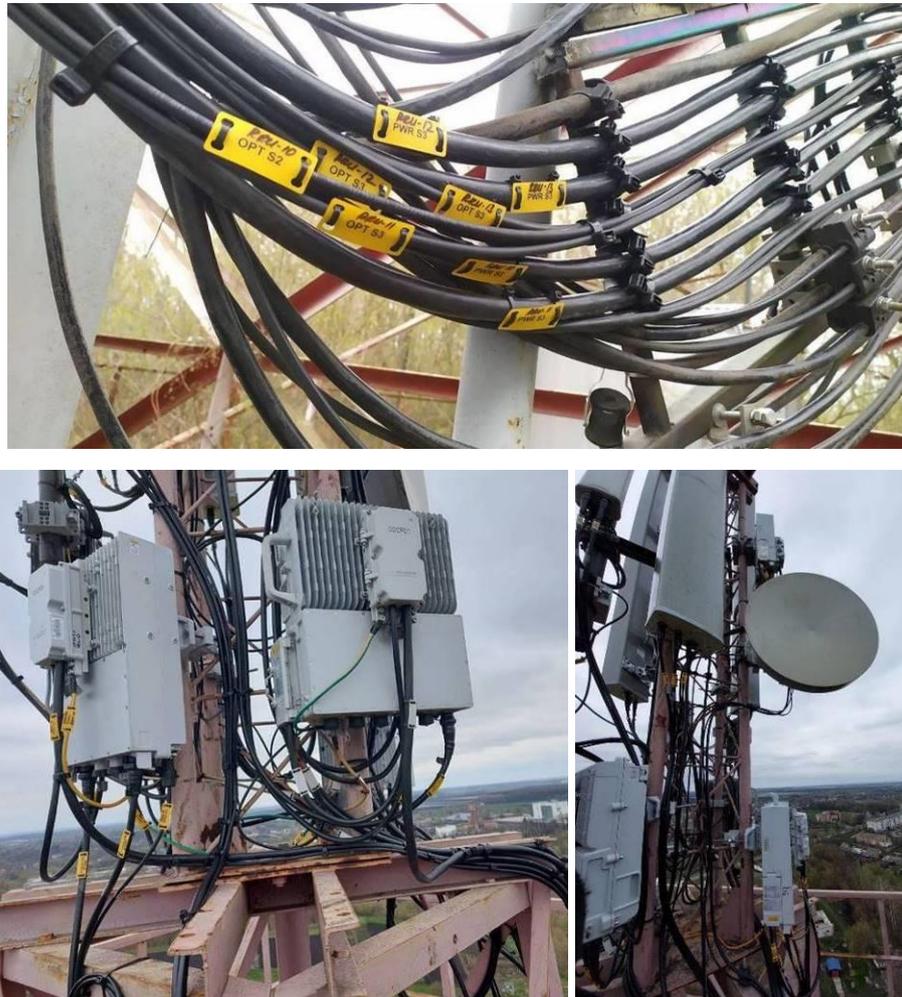


Рисунок 3.4 – Загальний вид прокладання фідерної траси

В місці вводу в технологічне обладнання антенні фідери, волоконно-оптичні кабелі та кабелі електроживлення повинні мати від’ємний кут нахилу (петля) для запобігання затіканню води.

Кабелі одного призначення, що прокладаються по одній трасі, повинні формуватися в кабельні пакети. Кабелі в пакетах повинні бути скріплені бандажами з полівінілхлориду товщиною 1 мм, шириною 10 мм. Відстань між бандажами – не більш 500 мм.

Кабельний журнал прорахованих необхідних довжин та марки кабелів зображено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Кабельний журнал

Номер кабелю	Інформація				Ідентифікатор (ID каб.)	Європейський стандарт	Адреса кабелю, м	Європейський код	Кабелю в кабелі, м	Примітки
	Сигнал		Сигнал							
	Ідентифікатор кабелю	Адреса кабелю	Ідентифікатор кабелю	Адреса кабелю						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Дані кабелю R8852E	Tx/ Rx	Адреса АН LTE900 2LPX0307P-C		Адреса кабелю 1 2'	-	3	4	12	
9	Дані кабелю R8852E	Tx/ Rx	Адреса АН GSM900/ LTE900 TDJ-7090/BCF-6 5FV03		Адреса кабелю 1 2'	-	3	6	18	
2	Ідентифікатор АН EBU BS8200	OPT	Дані кабелю R8852E	opt	-	-	80	2	160	
3	DPDY	48VDC	Дані кабелю R8852E	power	260ii?	-	80	2	160	
4	Європейський код	-	Адреса кабелю	-	ІАЧ	166	3	2	6	
5	Дані кабелю R8852E	-	Адреса кабелю	-	ІАЧ	166	3	2	6	
6	Дані кабелю R8852E	-	Ідентифікатор RET	-	Aisg cable	-	5	1	5	
7	DPDY	-	Адреса АН 68 B301 V50	-	Power cable	125	10	2	20	
8	DPDY	-	Європейський код	-	ІАЧ	166	2	1	2	
9	Дані кабелю R8852E	Tx/ Rx	Адреса АН GSM900/ LTE900 TDJ-7090/BCF-6 5FV03		Адреса кабелю 1 2'	-	3	6	18	
10	Ідентифікатор АН EBU BS8200	OPT	Дані кабелю R8852E	opt	-	-	70	2	140	
11	DPDY	48VDC	Дані кабелю R8852E	power	266ii?	-	70	2	140	
12	Європейський код	-	Адреса кабелю	-	ІАЧ	166	3	2	6	
13	Дані кабелю R8852E	-	Адреса кабелю	-	ІАЧ	166	3	2	6	
14	Дані кабелю R8852E	-	Ідентифікатор RET	-	Aisg cable	-	5	3	15	
15	Ідентифікатор АН EBU BS8200	-	DPDY	power	DC Cable	-	2	2	4	

При прокладці та закріпленні кабелів на кабельних роштах необхідно керуватися рекомендаціями фірми-виробника.

Підключення кабелів до технологічного обладнання базової станції виконується згідно документації фірми-виробника. Основні дані для монтажу наведені в таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Вимоги прокладання кабелів

Позначення	Марка	Крок закріплення, мм		Мінін радіус згину, мм	Мінін радіус розвороту, мм
		Норма	Мах		
Оптоволокно		300-400	500	60	180
Джампер	RRU jumpers DMI-DMI	500-600	750	70	210

Необхідно дотримуватися вимог щодо прокладання кабелів:

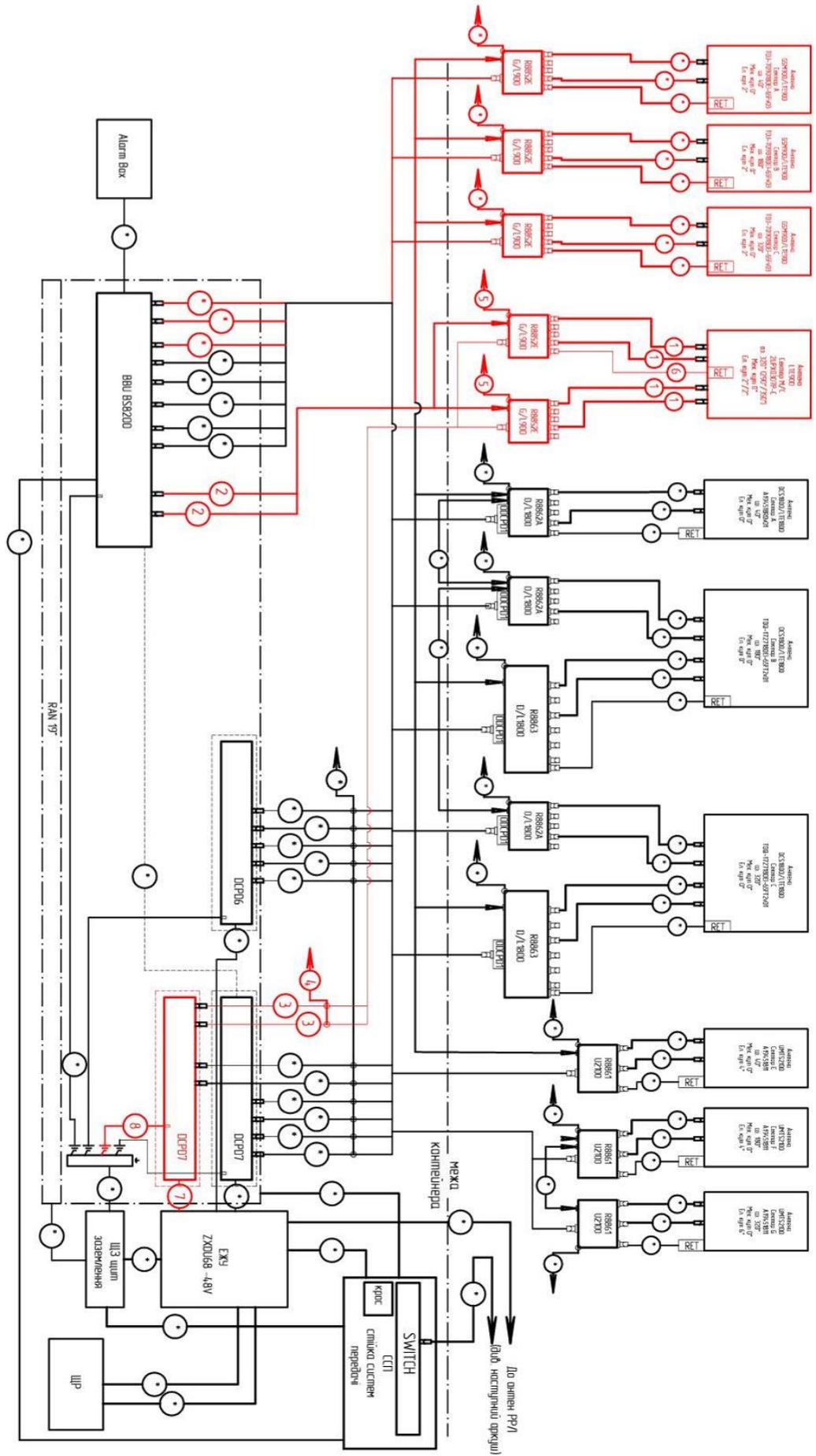
- Кабелі живлення постійного струму прокладаються по кабельному каналу в коробі окремо від низьковольтних кабелів;

- Кабелі високочастотні, по яких здійснюється передача сигналів із різними рівнями потужності, прокладаються на відстані не менше 100 мм один від одного;

- Кабелі ланцюгів низької частоти з низьким рівнем потужності, а також ланцюгів керування, блокування, сигналізації і захисту прокладаються на відстані не менше 100 мм від кабелів електроживлення і кабелів низької частоти з високим рівнем потужності.

Кабельні надлишки довжиною понад 5-ти метрів, як правило, необхідно розміщувати у ящиках кабельного запасу. В якості ящиків кабельного запасу можуть використовуватись ящики кабельні, що за своїми конструктивними характеристиками найбільше придатні для викладення надлишків (запасу) волоконно-оптичних кабелів. Ящики кабельного запасу, в залежності від умов експлуатації, можуть бути встановлені як в стійці, так і поза нею, в місцях, які (по можливості) недосяжні для сторонніх осіб. Допускається використовувати один ящик кабельного запасу для надлишків декількох кабелів. При відсутності ящиків кабельного запасу, як виняток, дозволяється, укласти сформовані бухти кабелю у технологічному контейнері у вільному від обладнання місці.

Розроблена схема підключення обладнання представлена на рисунку 3.5.



Структурна схема підключення обладнання

Рисунок 3.5 – Структурна схема підключення обладнання

3.2 Електроживлення обладнання базової станції

Базова станція відноситься до споживачів III категорії надійності електропостачання по класифікації ПУЕ. Монтажні роботи виконати згідно СНиП 3.05.06-85. Зовнішнє електропостачання базової станції здійснюється згідно робочого проекту на будівництво БС, виконаного підрядною організацією.

Напруга мережі живлення складає 220/380 В з частотою 50Гц. Облік спожитої електроенергії базовою станцією здійснюється по електронному електролічильнику. На вводі в апаратну для енергозабезпечення передбачено щит обліку та пристрій розподільчий. Розподільчий щит обладнаний автоматичними вимикачами, що забезпечують захист кожного кола електроустановок від перевантажень і струмів короткого замикання.

З розподільчого щита розподіл електроенергії здійснюється, як безпосередньо на обладнання базової станції через стійку гарантованого живлення, так і на допоміжне обладнання. Переключення на резервне електроживлення (переносний дизель-генератор) здійснюється за допомогою автоматичного перемикача.

Проектом передбачено перевикористання існуючої стійки ZTE ZXDU68 V301.

Електроживлення проектного технологічного обладнання постійною напругою -48 В здійснюється від існуючих модулів DCPD6 (1 шт.), DCPD7 (1 шт.) та проектного модуля DCPD7(1 шт.) через герметичні акумуляторні батареї Monbat 12MVR155L (8 шт.) з внутрішньою рекомбінацією газів, які працюють в режимі автоматичного підзаряду. В аварійному режимі базова станція живиться від акумуляторних батарей. Час роботи станції в такому режимі живлення до чотирьох годин. Корпуси електрообладнання підлягають заземленню. В щитку встановлено групу автоматичних однофазних вимикачів.

Комерційний облік електроенергії здійснюється шляхом застосуванням лічильника обліку електроенергії прямого включення.

Відповідно до вимог державних стандартів України і нормативних

документів проектом передбачається застосування енергозберігаючих технологій і обладнання.

Основними заходами енергозбереження споживаного струму є:

- автоматичне зниження електроспоживання при зниженні навантаження в радіоканалах базової станції;
- використанням для обігріву апаратної в зимовий час тепловиділень обладнання;
- автоматичне відключення кондиціонеру, що забезпечує підтримку температурно-вологового режиму в приміщенні базової станції;
- застосування електроприймачів з коефіцієнтом потужності не нижче 0,9.
- зменшення тепловитрат за рахунок виконання ефективних огорожуючих конструкцій;
- застосування терморегулятора в опалювальній системі.

Експлуатація базових станцій здійснюється виїзною бригадою, що складається не менше ніж з двох чоловік, кожний з яких повинен мати кваліфікаційну групу по електробезпеці не нижче 3. При них повинне знаходитися посвідчення, що підтверджує кваліфікаційну групу.

При виконанні робіт, на об'єкті повинне забезпечуватися проведення організаційних і технічних заходів щодо створення безпечних умов праці.

3.3 Блискавкозахист та захисне заземлення

Захист від прямих ударів блискавки забезпечується існуючою системою блискавкозахисту БС зі стрижневим блискавкоприймачем довжиною 1000 мм.

Заземлення радіоблоків виконується проводом ПВЗ 1x16 мм² (Рис. 3.7) на верхній щит заземлення біля антенних трубок, заземлення корпусів секторних антен непотрібне.



Рисунок 3.7 – Заземлення проєктованого RRU

Для нормальної роботи технологічного обладнання необхідне захисне заземлення опором не більше 4 Ом. Для заземлення технологічного обладнання в приміщенні базової станції передбачається колодка захисного заземлення (Рис. 3.8), під'єднана до існуючого контуру захисного заземлення опором не більше 4 Ом за допомогою кабелю ПВЗ 1×16 мм².

Опір захисного заземлення, виміряний по двохелектродній схемі в будь-якій точці на металевих неструмоведучих конструкціях, не повинен перевищувати 4 Ом (із врахуванням перехідного опору). Перехідний опір в місцях з'єднань не повинен перевищувати 0,01 Ом. Заземлення всіх металевих неструмоведучих частин обладнання виконується ізольованим дротом перетином не менше 10 мм². Отвори у колодці мають бути діаметром не менше 10 мм, щоб забезпечити підключення провідників перетином 16, 25, 35 квадратних міліметрів. Конструкція колодки заземлення має забезпечити можливість в подальшому підключення додаткового обладнання без відключення вже існуючого.

До колодки захисного заземлення приєднується обладнання базової станції.

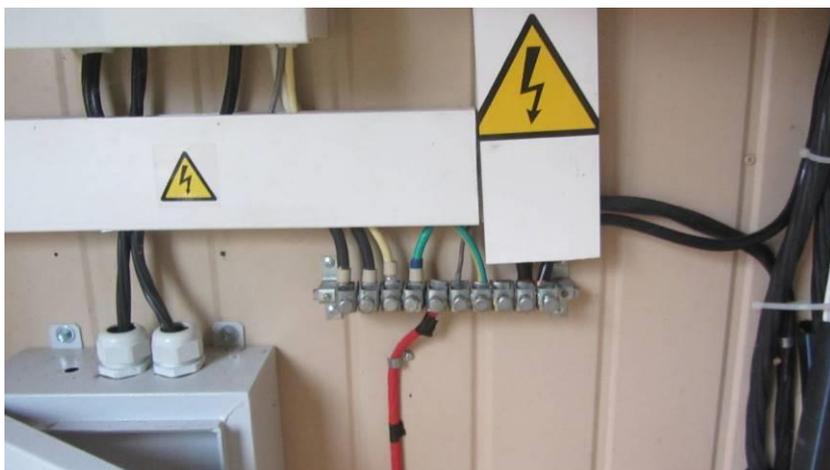


Рисунок 3.8 – Загальний вигляд колодки захисного заземлення

3.4 Організація обслуговування базової станції

Технологічне обладнання проектованої базової станції передбачається обслуговувати виїзними бригадами без організації постійних робочих місць. Технічний відділ мережі рухомого зв'язку ПрАТ «Київстар» знаходиться в м. Полтава.

Постійний контроль за станом обладнання здійснюється в автоматичному режимі з пульту керування, що встановлений в центрі комутації мережі ПрАТ «Київстар».

Доставка техперсоналу до базової станції здійснюється автотранспортом ГПО.

Всі роботи по монтажу і обслуговуванню обладнання, встановленого на металевій конструкції, виконуються спеціалізованою організацією у відповідності з вимогами «Правил техніки безпеки при експлуатації радиорелейних ліній передачі»:

- розташування антен базової станції повинно виключати можливість перебування людей в межах зони електромагнітного випромінювання вище допустимих норм;

- проводити ремонтні та профілактичні роботи з антенами при вимкнених передавачах з вивіщенням попереджувальних знаків;

– інструктувати персонал про небезпеку опромінення і заходи техніки безпеки при проведенні робіт з врахуванням даних про рівні опромінення в зоні антен об'єкту.

Для кожної категорії працівників, що займаються обслуговуванням обладнання, повинна бути розроблена і затверджена інструкція з охорони праці у відповідності із ДНАОП 0.00-4.15-98, в якій відображені обов'язки працівника, шкідливі і небезпечні чинники, які супроводжують його діяльність, правила техніки безпеки та перелік захисних засобів.

До обслуговування устаткування базової станції допускаються працівники, що знають його схеми, особливості, посадові й експлуатаційні інструкції, пройшли навчання і перевірку знань ПБЕЕС.

Працівники, що обслуговують устаткування одноосібно, повинні мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче IV-ї.

Технологічне обладнання базової станції передбачається обслуговувати виїзними бригадами без організації постійних робочих місць. Технічний відділ мережі рухомого зв'язку ПрАТ «Київстар» знаходиться в м. Полтава.

Постійний контроль за станом обладнання здійснюється в автоматичному режимі з пульту керування, що встановлений в центрі комутації мереж ПрАТ «Київстар». Стійка БС В8200 забезпечує можливість передачі сигналів про пожежу та несанкціонований доступ в приміщення базової станції від блоку сигналізації по системі передачі на пульт спостереження.

Висновки до розділу 3

В розділі передбачається проект модернізації базової станції UP1859 стандартів GSM-900/DCS-1800/LTE-1800/UMTS-2100, а саме дообладнання базової станції обладнанням з підтримкою LTE-900.

Це дозволить забезпечити всю територію міста стійким радіосигналом мережі LTE і надання користувачам високоякісного мобільного доступу в мережу Інтернет, збільшення швидкості передачі даних, з використанням вже існуючих систем мобільного зв'язку.

Для таких операцій встановлення даного обладнання замовником необхідно було розробити схему та спосіб підключення проектного обладнання, зарекомендувати місце встановлення обладнання на висотній споруді, що не призведе до збою роботи та розташування все існуючого обладнання. Необхідно було прорахувати та підібрати антено-фідерне обладнання, визначити необхідну довжину та прокладку фідерної траси для підключення обладнання.

В результаті виконання даного проекту по модернізації було успішно встановлено та підключено проектане обладнання та введено в експлуатацію базову станцію.

При виконанні проекту модернізації БС враховувалося:

- забезпечення оптимальної відстані між обладнанням та антенами;
- виключення будинків, що екранують зі спрямованості поля антен;
- розрахунок санітарно-захисних зон і зони обмеження забудови;
- розрахунки несучої спроможності елементів споруди

Визначення та розрахунок впливу електромагнітного випромінювання та відповідність вимогам санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань було розроблено в розділі 4.

4 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

4.1 Огляд державних санітарних норм і правил розрахунку гранично-допустимого рівня ЕМП

За останні роки помічається швидкий темп в розвитку технічних засобів мобільного зв'язку та наслідком чого є важливі зміни в ставленні людей до можливого серйозного впливу від роботи обладнання. Це спричинило прийняття великих змін та появи нових нормативно-правових документів в даній галузі, по перше, з біологічної безпеки людей, що знаходиться в зоні випромінювання антен базових станцій мобільного зв'язку. Крім того, правова система розташування об'єктів і надання обслуговувань мобільними операторами, яка існує в країні, все ще потребує серйозних вдосконалень.

В даному підрозділі приділено увагу дослідженням наявного стану нормативних документів з визначення біологічно-безпечної для населення зони випромінювання антен базових станцій мобільного зв'язку за законодавством України. В засаді роботи мобільного зв'язку лежить принцип стільника: територія поділяється на зони, радіусом до 1 км, кожна з яких обслуговується окремою БС. Антени станцій випромінюють електромагнітну енергію, яка при певних умовах впливає на людський організм. На території України на даний час діють понад 25 тисяч базових станцій, які розташовані в населених пунктах безпосередньо в зоні житлової та громадської забудови. Це визначає необхідність правового регулювання установки й функціонування базових станцій. Розгляд правових основ підготовки до роботи станцій мобільного зв'язку (СМЗ) необхідно проводити в чотири етапи. Перший – це правова документація, що регулює установку СМЗ. Другий – це правове забезпечення функціонування СМЗ. Третій - правове регулювання контролювання роботи СМЗ належними організаціями. Четвертий етап – уведення в експлуатацію – проводиться спеціально створеною державною приймальною комісією. Під час прийому об'єкта в експлуатацію комісія перевіряє його відповідність стандартам за

такими позиціями:

- відповідність затвердженому проекту;
- відповідність санітарним, протипожежним та екологічним вимогам;
- відповідність виконаних будівельно-монтажних робіт вимогам нормативної документації;
- відповідність наслідків проведених індивідуальних і комплексних випробувань устаткування нормативним показникам;
- відповідність проектної документації нормативним вимогам.

Акт прийому в експлуатацію підписують члени комісії, і тоді об'єкт може бути уведено в загально-технічний режим роботи. На жаль, четвертий етап проведення робіт пережила багато змін. Так, до 2009 р. основним нормативно-правовим документом був наказ Міністерства транспорту та зв'язку України № 180 від 27 лютого 2006 р. «Про затвердження порядку прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів у сфері телекомунікації» [8]. Регламентований даним документом порядок так само не відповідав реаліям життя. До організацій, що контролюють роботу СМЗ, входять:

- 1) Державна санітарно-епідеміологічна служба (СЕС);
- 2) Міністерство надзвичайних ситуацій;
- 3) Держгірпромнагляд;
- 4) Український Державний центр радіочастот «УДЦР»;
- 5) Держархбудінспекція.

Нагляд за відповідністю санітарним, протипожежним та екологічним вимогам виконує Державна санітарно-епідеміологічна служба. Основним нормативно-правовим документом є наказ МОЗ України № 239 від 1 серпня 1996 р. «Державні санітарні норми й правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» [9].

В 2009 році, у зв'язку з євроінтеграцією України, були прийняті нові національні стандарти України [10, 11] на основі європейських. Відповідно до цих стандартів потрібно застосовувати встановлені в Рекомендації Ради 1999/519/ЕС відповідні норми дії радіочастотних полів на широкий загал такі як

базові граничні або контрольні рівні, а також умови одночасної дії полів багатьох частот.

Контрольні рівні ЕВ, що впливають на населення - це рівні, призначені для зіставлення з величинами дії полів БС МЗ у просторі. Дотримання контрольних рівнів ЕВ станцій МЗ вбезпечить дотримання базових граничних рівнів дії ЕВ на населення. У діапазоні частот від 10 МГц до 300 ГГц контрольні рівні ЕВ виражають величинами напруженості електричного поля (Е), напруженості магнітного поля (Н) та густини потужності (S). Базові граничні рівні ЕВ - це граничні рівні, які обмежують дії змінних електричних, магнітних і електромагнітних полів, що, як відомо, безпосередньо впливають на здоров'я людини. Залежно від частоти поля для визначення граничних рівнів ЕВ застосовують такі фізичні величини – густина електричного струму (J), питома потужність поглинання випромінювання (SAR) і густина потужності (S).

Допустимі норми дії електромагнітних полів на широкий загал, що встановлені в Рекомендації Ради 1999/519/ЕС, наведено на рис. 4.1.

Базові граничні рівні				
Діапазон частот	Усереднена SAR усього тіла, Вт/кг	Локалізована SAR (голова і тулуб), Вт/кг	Локалізована SAR (кінцівки), Вт/кг	Густина потужності S, Вт/м ²
Від 10 МГц до 10 ГГц	0,08	2	4	–
Понад 10 ГГц до 300 ГГц	–	–	–	10
Контрольні рівні				
Діапазон частот	Напруженість Е-поля, В/м	Напруженість Н-поля, А/м	Густина магнітного потоку В, мкТл	Еквівалентна густина потужності плоскої хвилі S, Вт/м ²
Від 10 МГц до 400 МГц	28	0,073	0,082	2
Від 400 МГц до 2 ГГц	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$0,0046f^{1/2}$	$f/200$
Від 2 ГГц до 300 ГГц	61	0,16	0,20	10
Примітка. f – частота, значення якої наведено в стовпці «Діапазон частот», використовується в ГГц.				

Рисунок 4.1 – Допустимі норми дії електромагнітних полів на населення Але, від нещодавно, 30 грудня 2015 року в Україні станції мобільного

зв'язку припинили відноситися до об'єктів, які створюють підвищену екологічну небезпеку. Це додає ряд суперечностей між вимогами існуючих нормативних документів, тому що вже існуючі стандарти ніхто не скасовував. Також не зрозуміло на якій підставі було вилучено БС зі переліку небезпечних об'єктів для здоров'я особи. Таким чином, сфера правових відносин у цій галузі є досить широкою й регулюється чималою кількістю підзаконних актів, що підтверджує про відсутність національної правової концепції розвитку галузі.

Існують також національні та міжнародні рівні безпеки по впливу на людей ЕВ, створеними антенами БС. Найбільш широко розповсюджені стандарти розроблені Інститутом Електричної та Інженерної Електроніки і американським національним Інститутом Стандартів (ANSI/IEEE), міжнародної Комісією із захисту від неатомної радіації (ICNIRP), і національним Радою з Променевого Захисту і вимірювання (NCRP).

Міжнародні стандарти впливу ЕВ на населення, так само як і в останнє прийняті вітчизняні стандарти [12, 13], регламентують напруженість ЕВ, усереднену за відносно короткі періоди часу (6 хвилин в разі ANSI/IEEE, NCRP, і FCC стандартів на частотах БС). У разі, якщо є багатoelementні антени, ці стандарти регламентують тотальну енергію, вироблену всіма антенами. Вплив ЕВ може бути загрозливим, якщо воно досить посилене. Можливі пошкодження включають опіки шкіри, виснаженість, підняття температури і можливий тепловий удар. І хоча в наукових дослідженнях під егідою всесвітньої організації охорони здоров'я зазначається, що на сьогодні відсутні переконливі докази негативного впливу електромагнітних полів на тривалість життя чи спричинення невиліковних захворювань, у той же час у цих же документах [14] наголошується на потребі подальших досліджень у цій галузі або сфері.

Взагалі майже всі стандарти та нормативні документи з впливу ЕВ на населення дуже тяжко розшукати, тому що вони знаходяться практично у закритому доступі.

Виникає потреба у виваженій політиці держави щодо визначення порядку та умов розміщення БС на території життєдіяльності населення, а отже і щодо

визначення біологічно-безпечної зони для населення.

Провівши огляд нормативно-правової бази з визначення біологічно-безпечної для населення зони випромінювання антени базової станції мобільного зв'язку можна зробити такі висновки:

1. Теперішній обсяг і зміст нормативно-правових документів щодо встановлення, діяльності та розрахунку параметрів БС є досить різноманітний, суперечний та вимагає єдиної систематики в рамках єдиної національної правової концепції розвитку галузі зв'язку.

2. Проведені дослідження, які підмічають наявність факту негативної дії ЕВ антен БС на тіло людини, доводять необхідність створення чіткого механізму уведення в експлуатацію базових станцій, а також контролю контрольних рівнів випромінювання з метою оцінки впливу на здоров'я населення.

3. Усе вищесказане вимагає подальших наукових досліджень електромагнітних характеристик поля біля антени БС МЗ з метою встановлення переконливих доказів негативного впливу ЕВ на тіло людини.

Отже, можна висунути пропозицію систематизувати всі правові документи в галузі контролю за ЕВ антен БС та прийняти один єдиний документ, який буде регулювати правові відносини в галузі встановлення антен БС.

Ми ж будемо виконувати розрахунок санітарно-захисних зон (СЗЗ) та зон обмеження забудови (ЗОЗ) за допомогою програмного комплексу РВА (Розрахунок впливу антен) для базової станції UP1859 та проектного обладнання.

Програма "РОЗРАХУНОК ВПЛИВУ АНТЕНН" дозволяє виконувати розрахунок БОЗ, СЗЗ та ЗОЗ ПРТО. За допомогою програми можна виконати:

- розрахунок електромагнітного впливу приймально-передаючих антен радіозв'язку для базових станцій, радіорелейних станцій, телерадіоцентрів.

- визначення та побудова на графіках зон обмеження забудови (ЗОЗ), санітарно-захисних зон (СЗЗ) у будь-яких горизонтальних та вертикальних площинах.

- розрахунок рівнів електромагнітного поля на заданих висотах у будь-якій

точці простору для заданої кількості антен (до 100 і більше).

- розрахунок рівнів електромагнітного поля у величинах напруженості (E [в/м]), щільності потоку енергії (ППЕ [мкВт/см²]) та відносних величинах до ПДК.

- визначення та побудова на графіках зон обмеження забудови (ЗОЗ) та санітарно-захисних зон (СЗЗ) у будь-яких площинах.

- побудова графіків розподілу ППЕ ЕМП на будь-яких висотах у будь-яких азимутах.

4.2 Фізико-географічні і кліматичні особливості району і майданчика розміщення об'єкта проектування

Розділ (ОВНС) для базова станції UP1859 складений з метою визначення масштабів і рівнів впливів планованої діяльності на навколишнє середовище, заходів щодо запобігання або зменшення цих впливів, прийнятності проектних рішень з точки зору безпеки навколишнього середовища.

Місце розташування радіотехнічного об'єкту UP1859 за адресою: Полтавська обл., Хорольський р-н, м. Хорол (див. Рис. 4.2).

Координати розміщення БС: N 49°46'58.24" E 33°13'12.28"

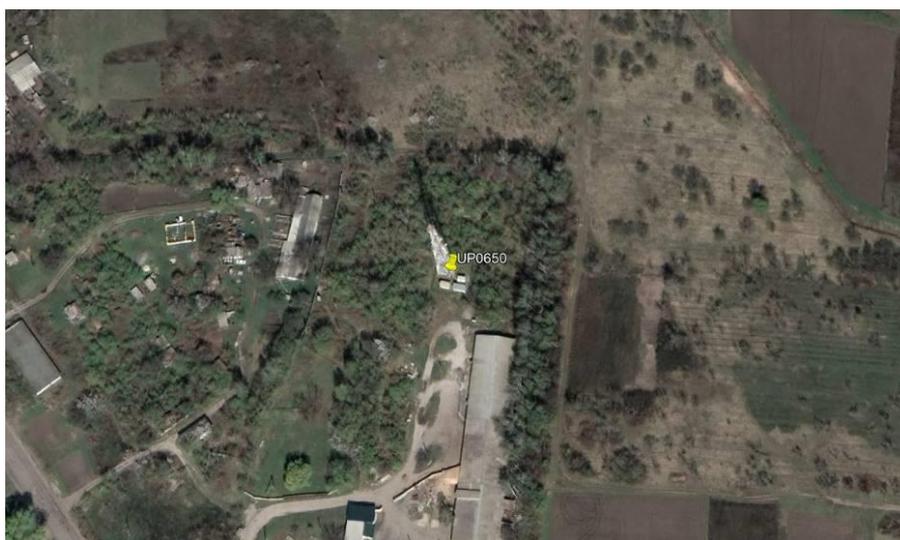


Рисунок 4.2 – Ситуаційний план розміщення ОМР
Базова станція розташована на вежі Н=70,7 м.

Місце розташування базової станції не належить до території зі складними інженерно-геологічними умовами.

Рельєф місцевості навколо РТО – рівнинний. Територія розташована у I-му кліматичному районі.

Об'єкти природно-заповідного фонду, пам'ятники архітектури, історії і культури відсутні.

Клімат району – помірно континентальний, достатньо вологий, з м'якою зимою і нежарким літом.

Згідно з класифікацією ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» дана територія має наступні кліматичні характеристики наведено в табл. 4.1-4.3

Таблиця 4.1 – Середня місячна та річна температура повітря, °С

Місяць												Рік
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-5,6	-4,7	0,3	9,0	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	-3,4	7,8

Таблиця 4.2 – Кліматичні параметри холодного та теплого періодів

Температура повітря найхолоднішої доби забезпеченістю, °С		Температура повітря найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю, °С		Температура повітря найжаркішої доби забезпеченість 0,95, °С	Температура повітря найжаркішої п'ятиденки забезпеченість 0,99, °С
0,98	0,92	0,98	0,92	29	25
-30	-27	-25	-23		

Таблиця 4.3 – Середня добова температура повітря:

Тривалість періоду з температурою $\leq 8^{\circ}\text{C}$ та середня температура за цей період		Тривалість періоду з температурою $\leq 10^{\circ}\text{C}$ та середня температура за цей період		Тривалість періоду з температурою $\geq 21^{\circ}\text{C}$ та середня температура за цей період	
тривалість, діб	середня температура, °С	тривалість, діб	середня температура, °С	тривалість, діб	середня температура, °С
178	-0,8	195	0,0	31	20,8

Загальна кількість опадів за рік становить – 574 мм.

Також для даного району характерні наступні значення:

- снігове навантаження - 1400 Па;

- вітровий тиск - 490 Па;

- сейсмічність до 5 балів.

4.3 Загальна характеристика об'єкту проектування і господарської діяльності в зоні його впливу

Передбачені в проекті обладнання і апаратура мають висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи та відповідають діючим стандартам України для наведених кліматичних умов і не впливають на інтенсивність сонячної радіації, оточуючу температуру, швидкість вітру, вологість, атмосферні інверсії, тривалість туманних періодів та інше.

В результаті будівництва, реконструкції, переоснащення об'єкту буде задоволено попит населення регіону в сучасному якісному зв'язку.

Приміщення РТО обладнано засобами автоматичного кондиціонування.

Режим роботи об'єкту – автоматичний, що виключає постійне перебування обслуговуючого персоналу. Розміщення та експлуатація обладнання РТО не потребує водоспоживання та водовідведення. Стічних вод проєктована БС не формує. Потреби у підключення до міських мереж водопроводу та каналізації не має, тому відомості про можливі джерела водопостачання та водовідведення не розглядались.

Для виїзду на РТО, з метою проведення технічного обслуговування, використовуються існуючі дороги.

Сировинні, земельні ресурси при експлуатації об'єкта не використовуються. Інших впливів, які можуть призвести до виникнення змін компонентів геологічного середовища не має.

Відповідно до постанови КМУ «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» №808 від

30 серпня 2015 року споруди електрозв'язку не віднесені до об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку.

Склад технічних засобів та споруд РТО, опис можливих впливів БС у відповідності з характером планової діяльності та заходи щодо зменшення можливих впливів наведено в Таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Склад технічних засобів та споруд БС та опис можливих впливів (початок)

№ п/п	Технічні засоби та споруди	Можливі впливи на навколишнє середовище	Дані щодо технічних заходів	Заходи щодо зменшення впливів
1.	ВВU8200, блоки R8861 (3 шт.), R8852E (5 шт.), R8862A (3 шт.), R8863 (2 шт.), стійка живлення (ЕЖУ), стійка RAN19'', стійка систем передачі (ССП)	Електромагнітне (неіонізуюче) випромінювання в робочу зону	Вибране обладнання має висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи, сертифікати відповідності УкрСЕПРО та передбачає екранування і ізоляцію залишкових електромагнітних (неіонізуючих) випромінювань	Не передбачаються
2.	Електричний лічильник	Електромагнітне (неіонізуюче) випромінювання в робочу зону	Вибране обладнання має висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи, сертифікати відповідності УкрСЕПРО та передбачає екранування і ізоляцію залишкових електромагнітних (неіонізуючих) випромінювань	Не передбачаються
3.	Анени стільникового зв'язку TDJ-709018DEI-65Fv03 (3 шт.), 2UPX0307P-C (1 шт.), A194518R0v01 (1шт.), TDQ-172718DEI-65FT2v01 (2 шт.), A19451811 (3 шт.), RTN320_7_1.2 (2 шт.), RTN320_7_0.6 (4 шт.), RTN320_23_0.6 (2 шт.), TN23_0.3 (1 шт.), RTN380 0.6 (1 шт.)	Електромагнітне (неіонізуюче) випромінювання в простір	Встановлення СЗЗ та ЗОЗ	Вибір місця розташування антен РТО згідно вимог

Таблиця 4.4 – Склад технічних засобів та споруд БС та опис можливих впливів (кінець)

4.	Акумулятори (герметичні) з рекомбінацією газів	Відсутні	На об'єктах ПрАТ «Київстар» застосовуються акумулятори закритого типу з рекомбінацією газів, які можуть бути встановлені у виробничих приміщеннях загального призначення відповідно до рекомендацій фірм-постачальників (лист Держкомнагляд – охорони праці від 27.02.97 №08-6/485)	Не передбачаються
5.	Кондиціонер	Шум	Випромінюване звукове навантаження спліт-систем, які проектується в приміщеннях апаратних РТО, повинне відповідати нормам	Вибір спліт-систем, які відповідають нормам ДСН 3.3.6.037-99 та ДСН 3077-84
6.	Вежа	Відсутні	Конструктив будівельних споруд не передбачає впливу на навколишнє середовище	Не передбачаються

При нормуванні дії шуму було використано нормативний акт ДСН 3.3.6.037-99. Виходячи з технологічних вимог, при будівництві РТО для підтримки мікроклімату апаратної, використовується спліт-система, що складається з внутрішнього і зовнішнього блоків. Дане обладнання має максимальний рівень шуму приблизно в 57 децибел, що відповідає вимогам нормативних актів та не перевищує максимально допустимих норм.

Звукове навантаження спліт-систем, які використовуються в апаратній БС, має періодичний характер, тобто при створенні необхідного мікроклімату в приміщенні апаратної спліт-система автоматично відключається.

На БС застосовуються акумулятори закритого типу з рекомбінацією газів і напругою 6 В на елемент, які можуть бути встановлені у виробничих приміщеннях загального призначення. При зарядженні акумуляторів закритого

типу газу не виділяються і проведення відповідних розрахунків у частині ОВНС не потрібне.

Аналіз характеру планованої діяльності дозволив визначити, що компонентом навколишнього середовища, на який може мати вплив планована діяльність є повітряне середовище.

4.4 Оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє природне середовище. Визначення санітарно-захисних зон (СЗЗ) та зон обмеження забудови (ЗОЗ).

Аварійна ситуація під час роботи базової станції може виникнути лише при відключенні електроживлення. В цьому випадку робота радіотехнічного об'єкту автоматично переводиться в режим електропостачання від акумуляторних батарей.

При відключенні електроживлення зовнішній вплив на навколишнє середовище не перевищить встановленої норми. Зникання електроживлення не призводить до будь-яких шкідливих виділень газів, підвищення температури, можливого займання обладнання та інших шкідливих проявів.

Конструктивом антенно-фідерного обладнання передбачені заходи щодо захисту та збереження сталості випромінюючих характеристик навіть при механічному пошкодженні споруд на яких вони встановлюються.

Під час роботи РТО на майданчику присутнє ЕМВ.

Базові станції загалом обладнані антенами направленої дії, відповідно санітарно-захисні зони і зони обмеження забудови встановлюються у напрямі випромінювання електромагнітної енергії, з врахуванням бічних і задніх пелюсток діаграми спрямованості антен. Враховується, що антени випромінюють електромагнітну енергію під певним кутом до горизонту і рівень ЕМП міняється залежно від висоти, отже зона обмеження забудови встановлюється диференційовано по вертикалі в межах висоти житлової забудови.

Розрахунками визначено розміри і розташування зон фіксованого рівня випромінювання, розраховано рівень ЕМП, створений всіма відомими на дату обстеження території джерелами електромагнітного випромінювання на межі санітарно-захисної зони, та на межі зони обмеженої забудови.

Розміри зон фіксованого рівня випромінювання у вертикальній площині по азимуту променю направлено випромінювання та в горизонтальній площині в залежності від висоти розміщення антени наводяться в діаграмах випромінювання.

Максимальний рівень ЕМП, створений всіма джерелами випромінювання на межі санітарно-захисної зони та на межі зони обмеження забудови, на різних висотах та по азимутам направленості наведені у графіках.

Враховуючи режим, частоту і випромінювання розраховується електрична складова ЕМП, що виражаються середньоквадратичним значенням, і рівень ГПЕ, виражається середнім значенням.

Відповідно наказу МОЗ України №2760 від 30 листопада 2020 р. «Про затвердження Змін до Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» гранично допустимий рівень ЕМП для РТО, що працюють у діапазонах дуже високих, ультрависоких, надвисоких та надзвичайно високих частот, встановлюється на рівні 100 мкВт/см² або 19,42 В/м.

У діапазоні частот вище 300 МГц інтенсивність випромінювання характеризується густиною потоку потужності (ГПП) або ГПЕ - густиною потоку електромагнітної енергії й вимірюється в одиницях потужності, ділених на одиницю площі Вт/м² або мкВт/см².

Розрахунок очікуваної санітарно-захисної зони та зони обмеження забудови проводиться відповідно до чинних нормативно-технічних документів, методик [15]

Граничнодопустимі рівні ЕМП, які створюють телевізійні і радіостанції в діапазоні частот від 48 до 1000 МГц, визначаються за формулою:

$$E_{ГДР} = 21 \times f^{-0.37},$$

де $E_{ГДР}$ - граничнодопустимий рівень (ГДР) ЕМП (електричної складової електромагнітного поля), В/м;

f - несуча частота оцінюваного каналу зображення або звукового супроводу, МГц.

Розрахунки електричної складової електромагнітного поля, що створюється кожною з антен, проводяться за формулою:

$$E = \frac{\sqrt{30 \times P \times G \times \eta}}{R} \times K_{\phi} \times F_{(\phi)} \times F_{(\alpha)} \times K_{\varepsilon},$$

де P - потужність на вході фідерного тракту, Вт;

G - коефіцієнт підсилення антени відносно ізотропного випромінювача;

η - коефіцієнт втрат в антенно-фідерному тракті;

R - відстань від геометричного центру антени до розрахункової точки;

K_{ϕ} - коефіцієнт, що враховує вплив відбиваючих поверхонь в умовах міської забудови (прийнято $K_{\phi}=1,25$);

$F_{(\phi)}$ - значення нормованої діаграми спрямованості антени у вертикальній площині. Для антени, для якої проводиться розрахунок, і для антен, вплив яких враховується, $F(\phi)$ визначається на підставі діаграми спрямованості у вертикальній площині відповідних антен;

$F(\alpha)$ - для антени, для якої проводиться розрахунок, $F(\alpha) = 1$. Для антен, вплив яких враховується, $F(\alpha)$ визначається на підставі діаграми спрямованості у горизонтальній площині;

K_{ε} - коефіцієнт, що враховує нерівномірність діаграми спрямованості антени в горизонтальній площині (прийнято $K_{\varepsilon}=1,0$).

Густина потоку енергії, що створює антена, визначається за формулою:

$$ГПЕ = E^2/3,77.$$

За наявності кількох джерел випромінювання, які працюють у радіочастотних діапазонах від 300МГц до 300ГГц, і мають однаковий ГДР, поверхнева густина потоку енергії, що створюється всіма джерелами на межі санітарно-захисної зони, повинна відповідати такій вимозі:

$$\Gamma ПЕ = \sum_{i=1}^n \Gamma ПЕ_i = \Gamma ПЕ_{\text{здр}},$$

де $\Gamma ПЕ_i$ - густина потоку енергії, створюваного i - антеною;

$\Gamma ПЕ_{\text{здр}}$ - граничнодопустиме значення густини потоку енергії для всіх антен цього діапазону.

За наявності кількох джерел випромінювання, які працюють у радіочастотних діапазонах 5-11, наведених у таблиці, і мають різні ГДР, відносний рівень ЕМП, що створюється всіма джерелами на межі санітарно-захисної зони, повинен відповідати такій вимозі:

$$S_{\text{відн}} = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{E_i}{E_{\text{здр}i}} \right)^2 + \frac{\Gamma ПЕ_i}{\Gamma ПЕ_{\text{гдр}i}} \right) = 1,$$

де E_i - напруженість електричного поля, створюваного i -антеною;

$E_{\text{здр}i}$ - граничнодопустиме значення напруженості поля для цього діапазону;

$\Gamma ПЕ_i$ - густина потоку енергії, створюваного i -антеною;

$\Gamma ПЕ_{\text{здр}i}$ - граничнодопустиме значення густини потоку енергії для цього діапазону.

Також відповідно до пункту 1.6.3. ДСН 239-96 при наявності кількох джерел випромінювання, в тому числі тих, що працюють в різних радіочастотних діапазонах, рівень ЕМП, створюваний всіма джерелами на межі санітарно-захисної зони, повинен відповідати такій вимозі:

$$\frac{E_1}{E_{\text{ГДР}1}} + \frac{E_2}{E_{\text{ГДР}2}} + \dots + \frac{E_n}{E_{\text{ГДР}n}} + \frac{\Gamma ПЕ_1}{\Gamma ПЕ_{\text{ГДР}1}} + \frac{\Gamma ПЕ_2}{\Gamma ПЕ_{\text{ГДР}2}} + \dots + \frac{\Gamma ПЕ_n}{\Gamma ПЕ_{\text{ГДР}n}} = 1,$$

де:

E_n - напруженість ЕМП, створюваного 1-м, 2-м, ... n -м джерелом;

$E_{\text{ГДР}}$ - гранично допустимі рівні напруженості ЕМП для 1-го, 2-го, ... n -го джерела;

ГПЕГДР - гранично допустимі рівні густини потоку енергії для 1-го, 2-го ... n-го джерела.

На території, призначеній для забудови, значення повинні бути менші, а в межах санітарно-захисної зони - більші за одиницю. Розрахунками визначено розміри і розташування зони фіксованого рівня випромінювання 100 мкВт/см^2 , а також відношення ($S/S_{\text{доп}}$) на висоті 2,0 м від поверхні землі (санітарно-захисна зона) і висота найнижчої точки зони фіксованого рівня випромінювання (зона обмеження забудови). Параметри джерел впливу відображені в таблиці 4.4 з програмного комплексу РВА

Встановлено, що в основі методики лежить порівняння розрахункових значень напруженості ЕМП і гранично- допустимих рівнів (ГДР) напруженості ЕМП, а також розрахункових значень густини потоку енергії (ГПЕ) і ГДР ГПЕ.

Загальне число моделей панельних антен на базовій станції досягає 41 з об'єднанням ПрАТ «Київстар» та іншими операторами. Вони розрізняються шириною променя в горизонтальній площині (65, 90, 105 або 120 °), коефіцієнтом посилення (6,5...18,5 дБ), а також величиною потужності, що підводиться (100...500 Вт). У ряді моделей передбачений електричний нахил променя (фіксований або регульований), який забезпечується відповідною схемою живлення. У панельних антенах (на відміну від всенаправлених) нахил променя можна забезпечити і механічним шляхом, використовуючи спеціальний вузол нахилу. Проте електричний нахил променя більш переважний, оскільки при цьому не спотворюється початкова форма діаграми спрямованості в горизонтальній площині.

Технічні дані передавача антенно-фідерного тракту і антен ПрАТ «Київстар» зображено в таблицях 4.5 -4.7.

Таблиця 4.4 – Параметри джерел впливу (початок)

№	Власник	Назва	Передавач				Тип	Коэф. підсил., дБІ	Азимут випром.	Антиена			Фідерний траєкт		
			Потужність	К-сть, шт.	Діапазон частот, МГц	Кут нахилу				Координати, м					
										Вт	дБм	Ел.		Мех.	Х
Обладнання ПрАТ „Київстар“															
1	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	15	4.18	8	935-960 GSM-900	TDJ-7090180E1-65FV03	17.7	4,0°0'	2°	0°0'	0	0	66.8	0.35
2	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	15	4.18	8	935-960 GSM-900	TDJ-7090180E1-65FV03	17.7	180°0'	2°	0°0'	0	0	66.8	0.35
3	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	15	4.18	8	935-960 GSM-900	2UPX0307P-C	18.0	290°0'	2°	0°0'	0	0	61.8	0.35
4	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	15	4.18	8	935-960 GSM-900			350°0'	2°	0°0'	0	0		
5	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	15	4.18	8	935-960 GSM-900	TDJ-7090180E1-65FV03	17.7	320°0'	2°	0°0'	0	0	66.8	0.35
6	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	4.0	4.6	1	935-960 LTE-900	TDJ-7090180E1-65FV03	17.7	4,0°0'	2°	0°0'	0	0	66.8	0.35
7	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	4.0	4.6	1	935-960 LTE-900	TDJ-7090180E1-65FV03	17.7	180°0'	2°	0°0'	0	0	66.8	0.35
8	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	4.0	4.6	1	935-960 LTE-900	2UPX0307P-C	18.0	290°0'	2°	0°0'	0	0	61.8	0.35
9	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	4.0	4.6	1	935-960 LTE-900			350°0'	2°	0°0'	0	0		
10	ПрАТ „Київстар“	R8852E x 1од.	4.0	4.6	1	935-960 LTE-900	TDJ-7090180E1-65FV03	17.7	320°0'	2°	0°0'	0	0	66.8	0.35
11	ПрАТ „Київстар“	R8862A x 3од. R8863 x 2од.	2.0	4.3	8	1805-1880 DCS-1800	A194518R0v01	17.4	4,0°0'	0°	0°0'	0	0	66.8	0.491
12	ПрАТ „Київстар“	R8862A x 3од. R8863 x 2од.	2.0	4.3	10	1805-1880 DCS-1800	TDD-1727180E1-65FT2v01	17.2	180°0'	0°	0°0'	0	0	66.8	0.491
13	ПрАТ „Київстар“	R8862A x 3од. R8863 x 2од.	2.0	4.3	10	1805-1880 DCS-1800	TDD-1727180E1-65FT2v01	17.2	320°0'	0°	0°0'	0	0	66.8	0.491
14	ПрАТ „Київстар“	R8862A x 3од. R8863 x 2од.	4.0	4.6	1	1805-1880 LTE-1800	A194518R0v01	17.4	4,0°0'	0°	0°0'	0	0	66.8	0.491
15	ПрАТ „Київстар“	R8862A x 3од. R8863 x 2од.	4.0	4.6	1	1805-1880 LTE-1800	TDD-1727180E1-65FT2v01	17.2	180°0'	0°	0°0'	0	0	66.8	0.491

Таблиця 4.4 –Параметри джерел впливу (продовження)

№	Власник	Передавач						Антенa						Фіксований траєкт	
		Назва	Потужність		К-сть, шт.	Діапазон частот, МГц	Тип	Коеф. підсил., дБі	Азимут випром.	Кут нахилу		Координати, м			
			Вт	дБм						Ел.	Мех.	Х	Y		Z
Обладнання ПрАТ „Київстар” (продовження)															
16	ПрАТ „Київстар”		4,0	4,6	1	1805-1880 LTE-1800	TDD-172718DEI-65FT2x01	17,2	0°	0°0'	0	0	0	688	0,491
17	ПрАТ „Київстар”		26,67	4,4,3	3	2155-2170 UMTS-2100	A194-51811	18,1	4°	0°0'	0	0	0	4,7,4	0,53
			26,67	4,4,3	3	2155-2170 UMTS-2100	A194-51811	18,1	4°	0°0'	0	0	0	4,7,4	0,53
19	ПрАТ „Київстар”		26,67	4,4,3	3	2155-2170 UMTS-2100	A194-51811	18,1	6°	0°0'	0	0	0	4,7,4	0,53
20	ПрАТ „Київстар”		0,63	28	1	7000	параболічна_1,2 м	37	0°	0°0'	0	0	0	37,7	0
21	ПрАТ „Київстар”		0,25	24	1	7000	параболічна_1,2 м	37	0°	0°0'	0	0	0	51,1	0
22	ПрАТ „Київстар”		0,4	26	1	7000	параболічна_0,6 м	4,0	0°	0°0'	0	0	0	67,8	0
23	ПрАТ „Київстар”		0,2	23	1	23000	параболічна_0,6 м	4,0	0°	0°0'	0	0	0	49,6	0
24	ПрАТ „Київстар”		0,16	22	1	23000	параболічна_0,6 м	4,0	0°	0°0'	0	0	0	37,7	0
25	ПрАТ „Київстар”		0,4	26	1	7000	параболічна_0,6 м	4,0	0°	0°0'	0	0	0	38,8	0
26	ПрАТ „Київстар”		0,05	18	1	23000	параболічна_0,3 м	36,2	0°	0°0'	0	0	0	62,9	0
27	ПрАТ „Київстар”		0,1	20,7	1	7000	параболічна_0,6 м	4,0	0°	0°0'	0	0	0	39,6	0
28	ПрАТ „Київстар”		0,03	13	1	80000	параболічна_0,6 м	4,1,3	0°	0°0'	0	0	0	49,6	0
29	ПрАТ „Київстар”		0,25	24	1	7000	параболічна_0,6 м	4,0	0°	0°0'	0	0	0	48,5	0

Таблиця 4.4 – Параметри джерел впливу (кінець)

№	Власник	Передавач						Антенна						Фідерний тракт	
		Назва	Потужність		К-сть, шт.	Діапазон частот, МГц	Тип	Коэф. підсил., дБі	Азимут випром.	Кут нахилу		Координати, м			
			Вм	дБм						Ел.	Мех.	X	Y		Z
Обладнання ПрАТ „Вф Україна“															
30	ПрАТ "Вф Україна"	Flexi Multiradio BTS	9.079	39.6	3	935-960 GSM-900	K 739650	16.7	90°0'	0°	2°0'	0	0	62.0	2.2
31	ПрАТ "Вф Україна"	Flexi Multiradio BTS	9.079	39.6	4	935-960 GSM-900	K 739650	16.7	310°0'	0°	4°0'	0	0	62.0	2.2
32	ПрАТ "Вф Україна"	Flexi Multiradio BTS	7.034	38.8	5	1805-1880 DCS-1800	K 742236	17.49	90°0'	3°	0°0'	0	0	62.0	2.5
33	ПрАТ "Вф Україна"	Flexi Multiradio BTS	7.034	38.8	6	1805-1880 DCS-1800	K 742236	17.49	310°0'	3°	0°0'	0	0	62.0	2.5
34	ПрАТ "Вф Україна"	UMTS NodeB	17.023	42.3	3	2140 UMTS-2100	APXV18-276516-C	17.7	110°0'	5°	0°0'	0	0	62.0	1.0
35	ПрАТ "Вф Україна"	UMTS NodeB	17.023	42.3	3	2140 UMTS-2100	APXV18-276516-C	17.7	210°0'	6°	0°0'	0	0	62.0	1.0
36	ПрАТ "Вф Україна"	UMTS NodeB	17.023	42.3	3	2140 UMTS-2100	APXV18-276516-C	17.7	310°0'	2°	0°0'	0	0	62.0	1.0
37	ПрАТ "Вф Україна"	Omnibas 385_0.6	0.02	13	1	37700-39700	параболічна_0,6 м	44.3	84°0'	0°	0°0'	0	0	62.0	0
Обладнання ТОВ „Лайфселл“															
38	ТОВ "лайфселл"	BTS	28	44.5	1	1805-1880 DCS-1800	K 742266	17.0	105°0'	2°	0°0'	0	0	4.30	4.5
39	ТОВ "лайфселл"	BTS	28	44.5	1	1805-1880 DCS-1800	K 742266	17.0	195°0'	2°	0°0'	0	0	4.30	4.5
40	ТОВ "лайфселл"	BTS	28	44.5	1	1805-1880 DCS-1800	K 742266	17.0	320°0'	2°	0°0'	0	0	4.30	4.5
41	ТОВ "лайфселл"	FH_15_1.2	0.1	20	1	15000	параболічна_1,2 м	42.8	108.4°	0°	0°0'	0	0	4.30	0

Таблиця 4.5 – Технічні дані передавача антенно-фідерного тракту і антен GSM-900 (початок)

№ п/п	Параметр	Значення			Примітка
1	Діапазон випромінювання (несуча частота), МГц	935-960	935-960	935-960	
2	Тип радіомодуля	ZXSDR R8852E x 1од.	ZXSDR R8852E x 1од.	ZXSDR R8852E x 1од.	
3	Кількість і потужність передавачів, n x Вт	8 x 15	8 x 15	8 x 15	
4	Коефіцієнт підсилення підсилювача, дБ	0	0	0	
5	Загальні втрати в АФТ, дБ	0.35	0.35	0.35	
6	Тип та кількість антен	TDJ-709018DEI-65FV03 (Дод. Д)	TDJ-709018DEI-65FV03 (Дод. Д)	TDJ-709018DEI-65FV03 (Дод. Д)	
7	Коефіцієнт підсилення антени, дБі	17.7	17.7	17.7	
8	Висота встановлення фазового центра антени Z, м	68.8	68.8	68.8	
9	Координати встановлення фазового центра антени X і Y, м	(0;0)	(0;0)	(0;0)	
10	Азимут антени, °	40°0'	180°0'	320°0'	
11	Кут механічного нахилу антени, °	0°0'	0°0'	0°0'	
12	Кут електричного нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	2°	2°	2°	
13	Сумарний кут нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	2°	2°	2°	
14	Діаграми спрямованості антени:				
15	- у горизонтальній площині				Рис.4.3
16	- у вертикальній площині				Рис.4.4
17	Тип модуляції	GMSK	GMSK	GMSK	
18	Тип поляризації	V	V	V	
19	ГДР ЕМП для даного діапазону, мкВт/см ²	100	100	100	

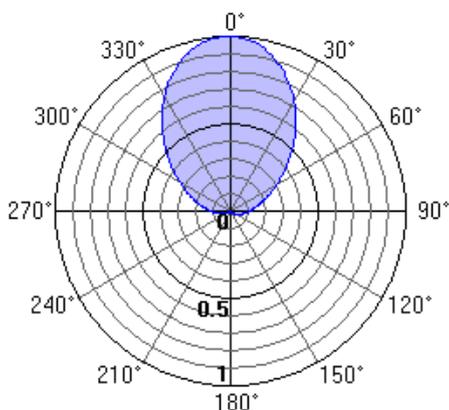


Рисунок 4.3 – Діаграма спрямованості антени в горизонтальній площині (E/E_{max}).

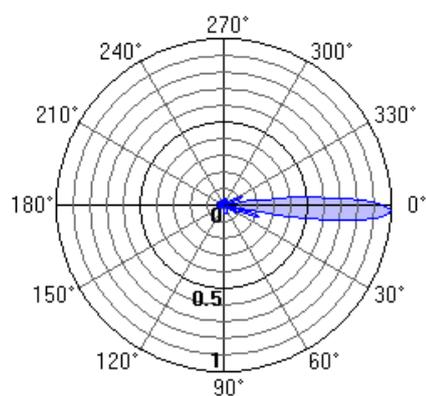


Рисунок 4.4 – Діаграма спрямованості антени у вертикальній площині (E/E_{max}).

Таблиця 4.5 – Технічні дані передавача антенно-фідерного тракту і антен GSM-900 (кінець)

№ п/п	Параметр	Значення		Примітка
1	Діапазон випромінювання (несуча частота), МГц	935-960	935-960	
2	Тип радіомодуля	ZXSDR R8852E x 1од.	ZXSDR R8852E x 1од.	
3	Кількість і потужність передавачів, n x Вт	8 x 15	8 x 15	
4	Коефіцієнт підсилення підсилювача, дБ	0	0	
5	Загальні втрати в АФТ, дБ	0.35	0.35	
6	Тип та кількість антен	2UPX0307P-C (Дод. Г)		
7	Коефіцієнт підсилення антени, дБі	18.0	18.0	
8	Висота встановлення фазового центра антени Z, м	61.8		
9	Координати встановлення фазового центра антени X і Y, м	(0;0)	(0;0)	
10	Азимут антени, °	290°0'	350°0'	
11	Кут механічного нахилу антени, °	0°0'	0°0'	
12	Кут електричного нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	2°	2°	
13	Сумарний кут нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	2°	2°	
14	Діаграми спрямованості антени:			
15	- у горизонтальній площині			Рис.4.5
16	- у вертикальній площині			Рис.4.6
17	Тип модуляції	GMSK	GMSK	
18	Тип поляризації	V	V	
19	ГДР ЕМП для даного діапазону, мкВт/см ²	100	100	

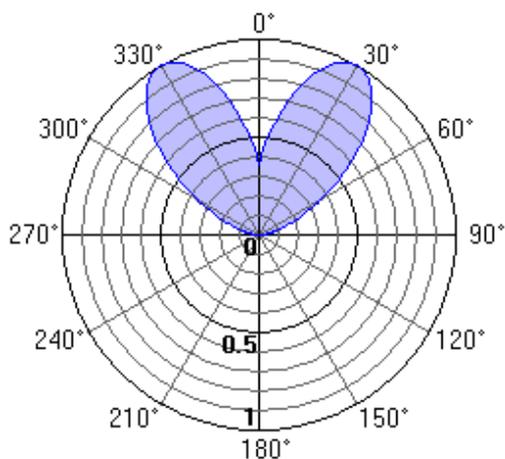


Рисунок 4.5 – Діаграма спрямованості антени в горизонтальній площині (E/E_{max}).

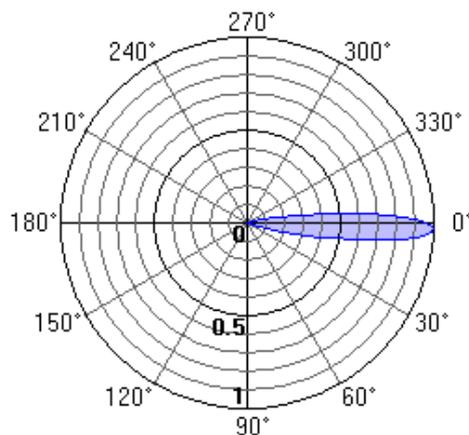


Рисунок 4.6 – Діаграма спрямованості антени у вертикальній площині (E/E_{max}).

Таблиця 4.6 – Технічні дані передавача антенно-фідерного тракту і антен LTE-900 (початок)

№ п/п	Параметр	Значення			Примітка
		935-960	935-960	935-960	
1	Діапазон випромінювання (несуча частота), МГц	935-960	935-960	935-960	
2	Тип радіомодуля	ZXSDR R8852E x 1од.	ZXSDR R8852E x 1од.	ZXSDR R8852E x 1од.	
3	Кількість і потужність передавачів, n x Вт	1 x 40	1 x 40	1 x 40	
4	Коефіцієнт підсилення підсилювача, дБ	0	0	0	
5	Загальні втрати в АФТ, дБ	0.35	0.35	0.35	
6	Тип та кількість антен	TDJ-709018DEI-65FV03 (Дод. Д)	TDJ-709018DEI-65FV03 (Дод. Д)	TDJ-709018DEI-65FV03 (Дод. Д)	
7	Коефіцієнт підсилення антени, дБі	17.7	17.7	17.7	
8	Висота встановлення фазового центра антени Z, м	68.8	68.8	68.8	
9	Координати встановлення фазового центра антени X і Y, м	(0;0)	(0;0)	(0;0)	
10	Азимут антени, °	40°0'	180°0'	320°0'	
11	Кут механічного нахилу антени, °	0°0'	0°0'	0°0'	
12	Кут електричного нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	2°	2°	2°	
13	Сумарний кут нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	2°	2°	2°	
14	Діаграми спрямованості антени:				
15	- у горизонтальній площині				Рис.4.7
16	- у вертикальній площині				Рис.4.8
17	Тип модуляції	GMSK	GMSK	GMSK	
18	Тип поляризації	V	V	V	
19	ГДР ЕМП для даного діапазону, мкВт/см ²	100	100	100	

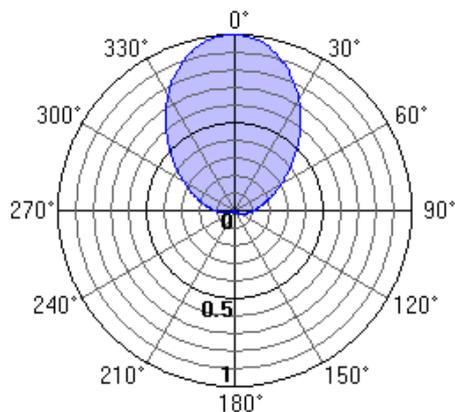


Рисунок 4.7 – Діаграма спрямованості антени в горизонтальній площині (E/E_{max}).

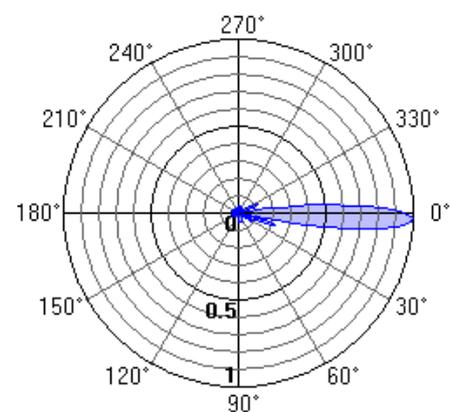


Рисунок 4.8 – Діаграма спрямованості антени у вертикальній площині (E/E_{max}).

Таблиця 4.6 – Технічні дані передавача антенно-фідерного тракту і антен LTE-900 (кінець)

№ п/п	Параметр	Значення		Примітка
1	Діапазон випромінювання (несуча частота), МГц	935-960	935-960	
2	Тип радіомодуля	ZXSDR R8852E x 1од.	ZXSDR R8852E x 1од.	
3	Кількість і потужність передавачів, n x Вт	1 x 40	1 x 40	
4	Коефіцієнт підсилення підсилувача, дБ	0	0	
5	Загальні втрати в АФТ, дБ	0.35	0.35	
6	Тип та кількість антен	2UPX0307P-C (Дод. Г)		
7	Коефіцієнт підсилення антени, дБі	18.0		
8	Висота встановлення фазового центра антени Z, м	61.8		
9	Координати встановлення фазового центра антени X і Y, м	(0;0)	(0;0)	
10	Азимут антени, °	290°0'	350°0'	
11	Кут механічного нахилу антени, °	0°0'	0°0'	
12	Кут електричного нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	2°	2°	
13	Сумарний кут нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	2°	2°	
14	Діаграми спрямованості антени:			
15	- у горизонтальній площині			Рис.4.9
16	- у вертикальній площині			Рис.4.10
17	Тип модуляції	GMSK	GMSK	
18	Тип поляризації	V	V	
19	ГДР ЕМП для даного діапазону, мкВт/см ²	100	100	

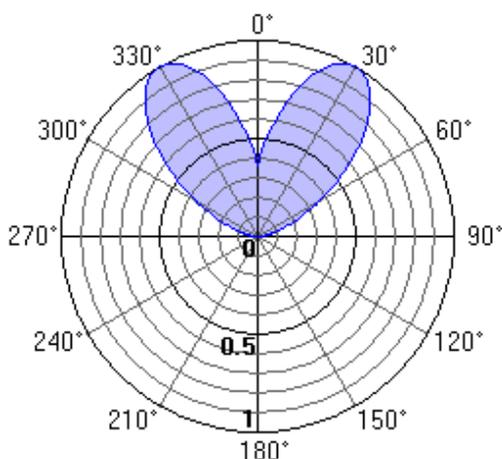


Рисунок 4.9 – Діаграма спрямованості антени в горизонтальній площині (E/E_{max}).

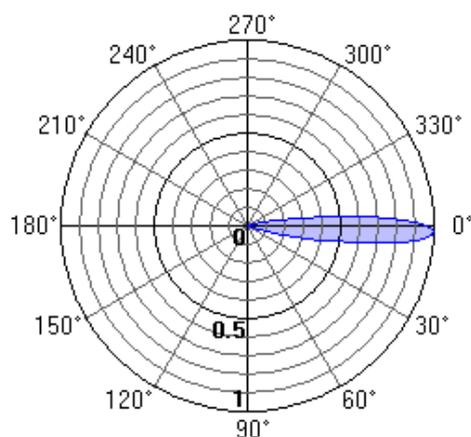


Рисунок 4.10 – Діаграма спрямованості антени у вертикальній площині (E/E_{max}).

Таблиця 4.7 – Технічні дані передавача антенно-фідерного тракту і антен
 ПрАТ «Київстар» Радіорелейна станція

№ п/п	Параметр	Значення	Примітка
1	Діапазон випромінювання (несуча частота), МГц	7000	
2	Кількість і потужність передавачів, п x дБм	1 x 28	
3	Коефіцієнт підсилення підсилювача, дБ	0	
4	Загальні втрати в АФТ, дБ	0	
5	Тип та кількість антен	RTN320_7_1.2	
6	Коефіцієнт підсилення антени, дБі	37	
7	Висота встановлення фазового центра антени Z, м	37.7	
8	Координати встановлення фазового центра антени X і Y, м	(0;0)	
9	Азимут антени, °	118.63°	
10	Кут механічного нахилу антени, °	0°0'	
11	Кут електричного нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	0°	
12	Сумарний кут нахилу максимуму діаграми спрямованості у вертикальній площині, °	0°	
13	Діаграми спрямованості антени:		
14	- у горизонтальній площині		Рис. 4.11
15	- у вертикальній площині		Рис. 4.12
16	Тип модуляції	128QAM	
17	Тип поляризації	V	
18	ГДР ЕМП для даного діапазону, мкВт/см ²	100	

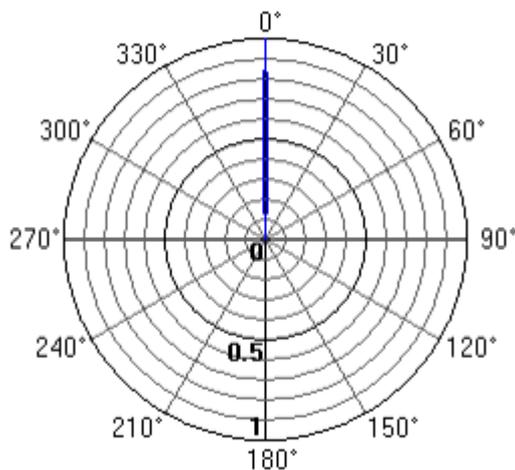


Рисунок 4.11 – Діаграма спрямованості антени в горизонтальній площині (E/E_{max}).

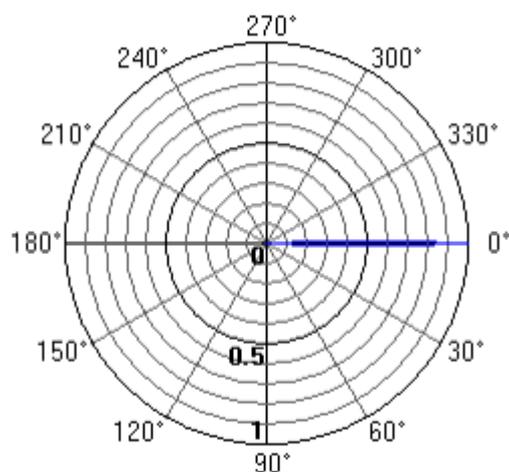


Рисунок 4.12 – Діаграма спрямованості антени у вертикальній площині (E/E_{max}).

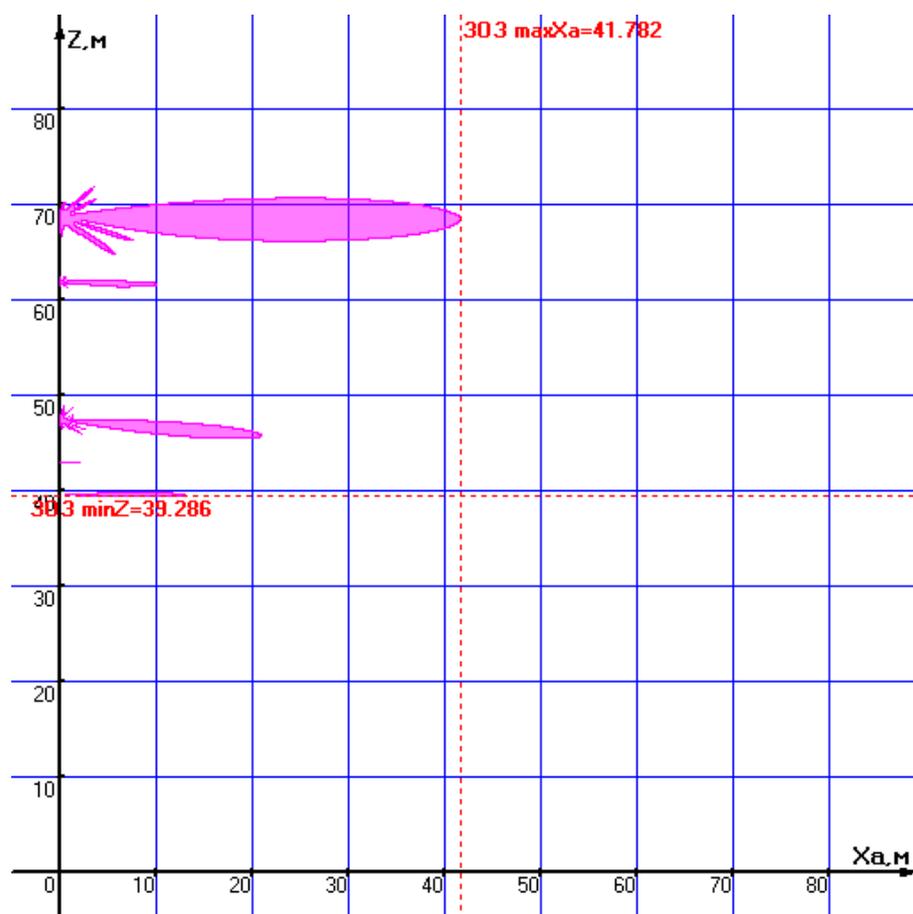


Рисунок 4.14 – Зона перевищення ГДР у вертикальній площині №1. "TDJ-709018DEI-65FV03", "A194518R0v01", "A19451811" (власник: ПрАТ "Київстар")

Таблиця 4.9 – Вихідні дані вертикальної площини розрахунку.

№	Параметр	Значення	Примітка
1	Азимут площини щодо центра - A , °.	40°	
2	Координати вертикальної осі (X, Y) , м.	$(0; 0)$	
3	Крок сітки по осі X_a , м.	10	Вісь X_a – відстань у напрямку азимута 40° .
4	Крок сітки по осі Z , м.	10	
5	Мінімальна висота ЗОЗ Z_{min} , м.	39.286	
6	Максимальна відстань ЗОЗ X_{max} , м.	41.782	

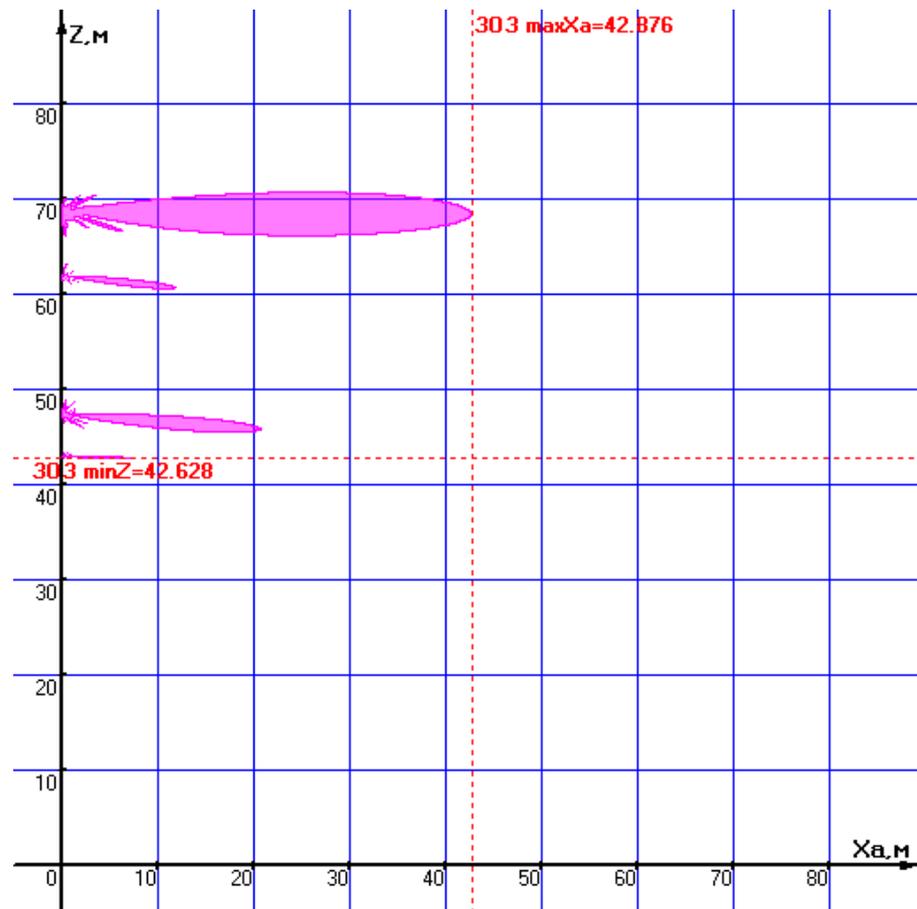


Рисунок 4.15 – Зона перевищення ГДР у вертикальній площині №2. " TDJ-709018DEI-65FV03", "TDQ-172718DEI-65FT2v01", , "A19451811"
(власник: ПрАТ "Київстар")

Таблиця 4.10 – Вихідні дані вертикальної площини розрахунку.

№	Параметр	Значення	Примітка
1	Азимут площини щодо центра - A , °.	180°	
2	Координати вертикальної осі (X,Y),м.	(0;0)	
3	Крок сітки по осі X_a , м.	10	Вісь X_a – відстань у напрямку азимута 180°.
4	Крок сітки по осі Z , м.	10	
5	Мінімальна висота ЗОЗ Z_{min} , м.	42.628	
6	Максимальна відстань ЗОЗ X_{max} , м.	42.876	

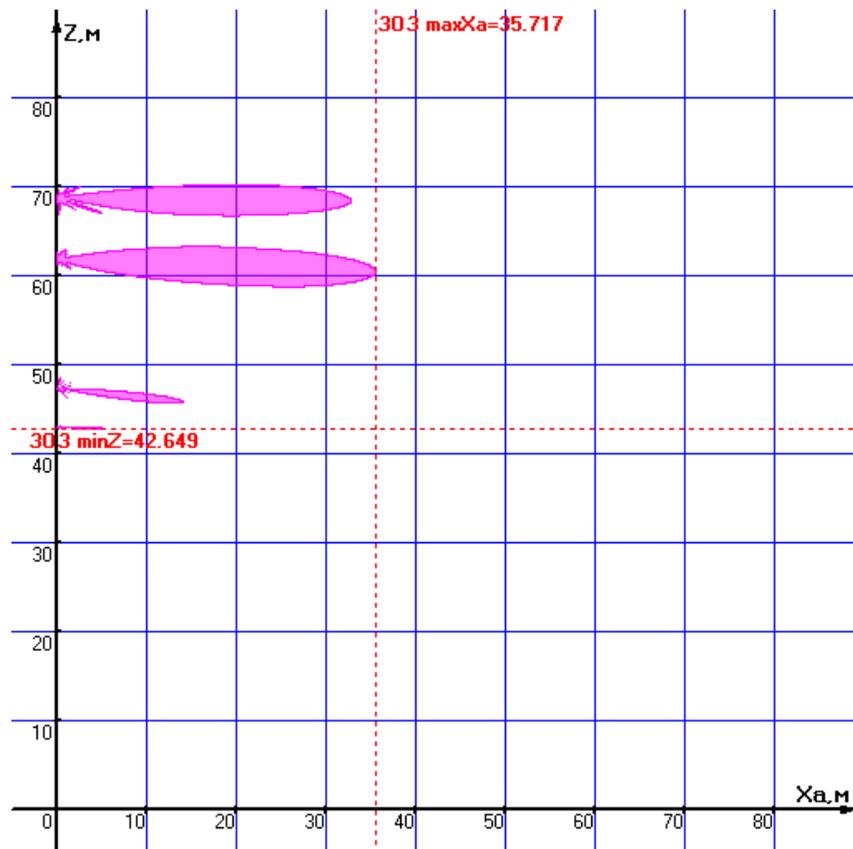


Рисунок 4.16 – Зона перевищення ГДР у вертикальній площині №3.
"2UPX0307P-C" (власник: ПрАТ "Київстар")

Таблиця 4.11– Вихідні дані вертикальної площини розрахунку.

№	Параметр	Значення	Примітка
1	Азимут площини щодо центра - A , °.	290°	
2	Координати вертикальної осі (X,Y),м.	(0;0)	
3	Крок сітки по осі X_a , м.	10	Вісь X_a – відстань у напрямку азимута 290°.
4	Крок сітки по осі Z , м.	10	
5	Мінімальна висота ЗОЗ Z_{min} , м.	42.649	
6	Максимальна відстань ЗОЗ X_{max} , м.	35.717	

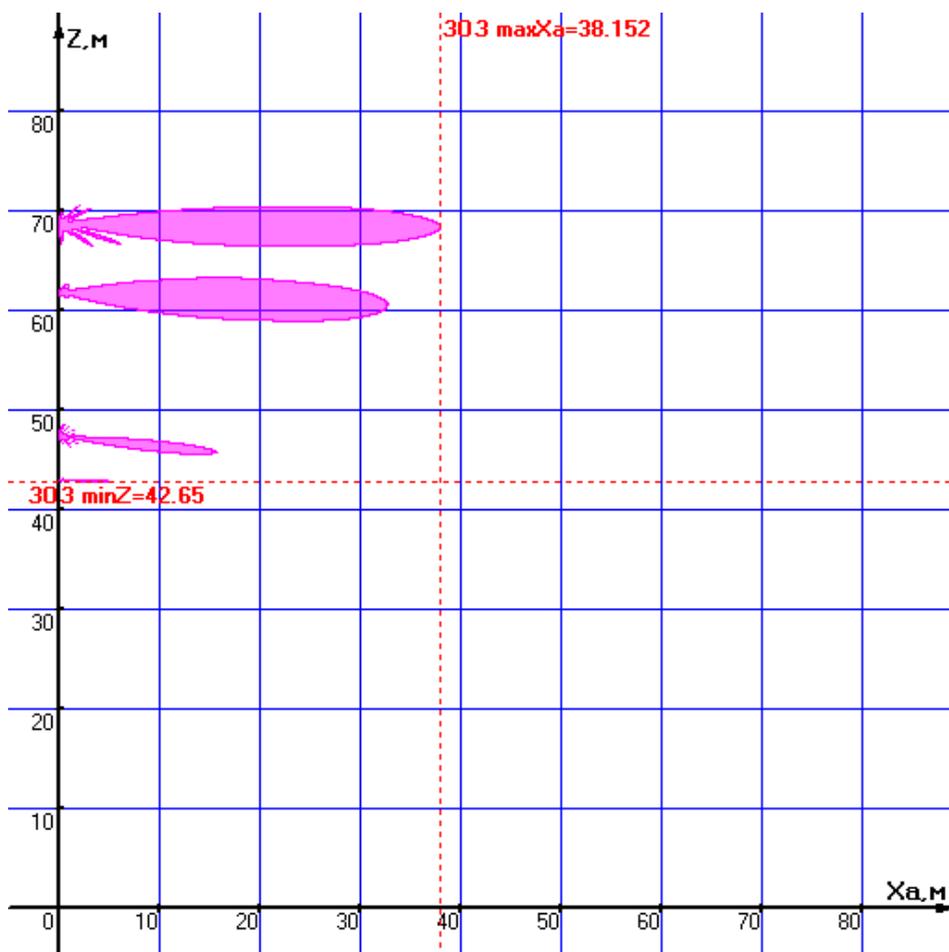


Рисунок 4.17 – Зона перевищення ГДР у вертикальній площині №4.
"2UPX0307P-C", (власник: ПрАТ "Київстар")

Таблиця 4.12– Вихідні дані вертикальної площини розрахунку.

№	Параметр	Значення	Примітка
1	Азимут площини щодо центра - A , °.	350°	
2	Координати вертикальної осі (X,Y),м.	(0;0)	
3	Крок сітки по осі X_a , м.	10	Вісь X_a – відстань у напрямку азимута 350°.
4	Крок сітки по осі Z , м.	10	
5	Мінімальна висота ЗОЗ Z_{min} , м.	42.65	
6	Максимальна відстань ЗОЗ X_{max} , м.	38.152	

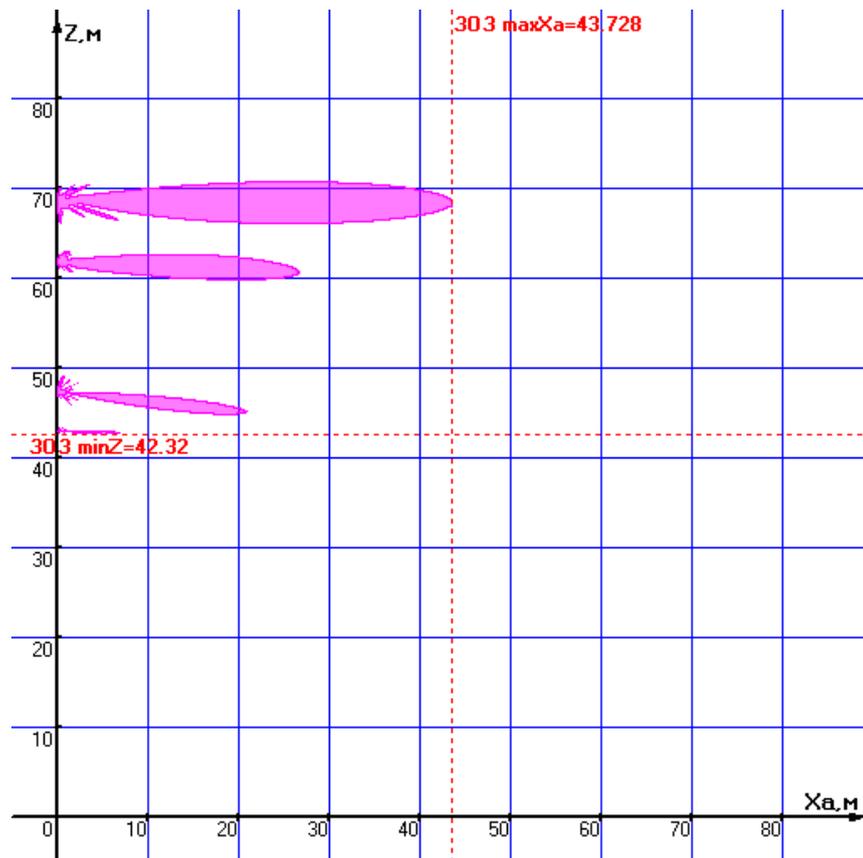


Рисунок 4.18 – Зона перевищення ГДР у вертикальній площині №5." TDJ-709018DEI-65FV03", "TDQ-172718DEI-65FT2v01", "A19451811", "K742266" (власники: ПрАТ "Київстар", ТОВ "лайфселл")

Таблиця 4.13 – Вихідні дані вертикальної площини розрахунку.

№	Параметр	Значення	Примітка
1	Азимут площини щодо центра - A , °.	320°	
2	Координати вертикальної осі (X,Y),м.	(0;0)	
3	Крок сітки по осі X_a , м.	10	Вісь X_a – відстань у напрямку азимута 320°.
4	Крок сітки по осі Z , м.	10	
5	Мінімальна висота ЗОЗ Z_{min} , м.	42.32	
6	Максимальна відстань ЗОЗ X_{max} , м.	43.728	

Таблиця 4.14 Розподіл суми рівнів ГПЕ для всіх антен і точок у вертикальній площині з вертикальним центром, що проходить через точку $O(0;0)$, в азимуті антен " TDJ-709018DEI-65FV03", "A194518R0v01", "A19451811" (власник: ПрАТ "Київстар") $\psi_p=40^\circ$, на висотах $h(i)$ і на відстані R від центру, мкВт/см².

R, м	h1, м 2.000	h2, м 37.000	h3, м 38.000	h4, м 44.000	h5, м 50.000	h6, м 57.000	h7, м 64.000	h8, м 71.000
0.000	0.3132	2.2880	2.6306	12.4294	32.2784	13.9624	67.4649	49.5749
10.000	0.1248	0.6019	3.8661	7.8260	1.2469	3.7125	2.6624	3.0346
20.000	0.0746	0.4754	8.4084	10.3920	1.3668	4.6874	1.2396	62.9331
30.000	0.0458	2.5998	9.3729	35.7728	3.2005	4.2162	24.7243	81.9952
40.000	0.0420	3.2536	9.3065	28.5574	0.2932	4.1791	32.1143	66.2070
50.000	0.0992	3.6914	7.6912	17.7709	1.7452	1.9814	31.4820	49.8665
60.000	0.1318	3.5771	7.3790	12.1298	1.6802	3.3391	28.0810	38.1300
70.000	0.2125	4.9249	8.1474	9.1750	0.5525	4.7046	24.1963	29.5489
80.000	0.2310	5.9811	8.4297	6.6842	0.3909	5.4506	20.5030	23.4265
90.000	0.3608	6.3360	8.0529	4.7412	0.8396	5.7635	17.5089	18.9807
100.000	0.3472	5.9853	6.9441	3.5711	1.3898	5.8363	14.8473	15.7038
110.000	0.2053	5.1921	5.7987	2.9508	1.8138	5.7674	12.7010	13.2238
120.000	0.1011	4.4757	4.7955	2.6765	2.0979	5.5757	10.9852	11.2905
130.000	0.0571	3.8470	4.1253	2.5447	2.2780	5.3408	9.5946	9.7245
140.000	0.0417	3.4130	3.6108	2.4622	2.3800	5.0596	8.4317	8.4333
150.000	0.0449	3.1153	3.2320	2.3919	2.4373	4.7575	7.4211	7.3816
160.000	0.0703	2.8379	2.9591	2.3308	2.4624	4.4697	6.5823	6.5144
170.000	0.1090	2.6277	2.7465	2.2668	2.4622	4.1933	5.8770	5.7928
180.000	0.1443	2.4611	2.5700	2.1989	2.4400	3.9037	5.2793	5.1861
190.000	0.1608	2.3171	2.3999	2.1354	2.3925	3.6414	4.7684	4.6702
200.000	0.1565	2.1935	2.2566	2.0751	2.3384	3.4034	4.3269	4.2285

Таблиця 4.15 Розподіл суми рівнів ГПЕ для всіх антен і точок у вертикальній площині з вертикальним центром, що проходить через точку $O(0;0)$, в азимуті антен " TDJ-709018DEI-65FV03", "TDQ-172718DEI-65FT2v01", "A19451811" (власник: ПрАТ "Київстар") $\psi_p=180^\circ$, на висотах $h(i)$ і на відстані R від центру, мкВт/см² (початок)

R, м	h1, м 2.000	h2, м 37.000	h3, м 38.000	h4, м 44.000	h5, м 50.000	h6, м 57.000	h7, м 64.000	h8, м 71.000
0.000	0.3132	2.2880	2.6306	12.4294	32.2784	13.9624	67.4649	49.5749
10.000	0.2010	1.0183	1.6216	8.4214	1.4440	2.4263	1.8052	8.4727
20.000	0.1012	0.5891	0.8991	10.6315	0.5388	1.9108	0.6221	63.1681
30.000	0.0589	1.1657	0.8373	34.9757	1.5040	9.5519	22.8495	84.9620
40.000	0.0402	0.3789	0.6365	28.1330	0.2510	9.6743	30.9483	69.1309
50.000	0.1003	0.5143	1.1073	18.3180	1.3595	5.5840	30.8598	52.2042
60.000	0.0982	1.1787	2.7353	12.4054	1.5440	5.0265	27.7814	39.9924
70.000	0.1560	2.7072	4.4302	8.9642	1.3821	5.3750	24.0925	31.0115
80.000	0.0890	3.9429	5.3037	6.3730	1.5810	5.6433	20.5369	24.5887
90.000	0.0795	4.4175	5.3370	4.6416	1.9935	5.7473	17.6177	19.9200
100.000	0.0951	4.2797	4.7175	3.6509	2.3696	5.7456	14.9924	16.4734

Таблиця 4.15 (продовження)

110.000	0.0919	3.7778	4.0429	3.1160	2.5843	5.6489	12.8598	13.8640
120.000	0.0770	3.3357	3.4283	2.8705	2.6888	5.4557	11.1464	11.8304
130.000	0.0590	2.9262	3.0502	2.7359	2.7212	5.2293	9.7531	10.1821
140.000	0.0514	2.6678	2.7634	2.6190	2.7098	4.9621	8.5830	8.8204
150.000	0.0587	2.5109	2.5584	2.5109	2.6724	4.6767	7.5596	7.7122
160.000	0.0789	2.3549	2.4090	2.4033	2.6243	4.4036	6.7093	6.7992
170.000	0.1015	2.2320	2.2932	2.3076	2.5705	4.1403	5.9941	6.0403
180.000	0.1169	2.1296	2.1786	2.1998	2.5032	3.8635	5.3872	5.4025
190.000	0.1191	2.0273	2.0587	2.1060	2.4233	3.6116	4.8680	4.8609
200.000	0.1101	1.9377	1.9516	2.0233	2.3445	3.3818	4.4190	4.3975

Таблиця 4.16 – Розподіл суми рівнів ГПЕ для всіх антен і точок у вертикальній площині з вертикальним центром, що проходить через точку $O(0;0)$, в азимуті антен "2URX0307P-C" (власник: ПрАТ "Київстар") $\psi_{\text{п}}=290^\circ$, на висотах $h(i)$ і на відстані R від центру, мкВт/см².

R, м	h1, м 2.000	h2, м 37.000	h3, м 38.000	h4, м 44.000	h5, м 50.000	h6, м 57.000	h7, м 64.000	h8, м 71.000
0.000	0.3132	2.2880	2.6306	12.4294	32.2784	13.9624	67.4649	49.5749
10.000	0.1265	1.2469	1.6586	1.7306	2.1689	2.7119	9.2777	5.6623
20.000	0.0708	0.3562	0.5538	21.6593	1.0226	12.9768	47.6479	37.4278
30.000	0.0329	0.4884	0.3440	23.5091	0.9681	35.7533	58.1800	49.7585
40.000	0.0555	0.2630	0.3660	12.3649	0.9520	41.8548	53.2153	40.6384
50.000	0.0926	0.8445	2.1169	6.1764	2.9402	36.4640	44.5871	31.5141
60.000	0.0645	2.2863	3.6578	3.8970	4.4061	30.7250	36.7469	25.2092
70.000	0.0793	3.1549	4.0390	3.1251	5.4357	25.8061	30.1839	20.4270
80.000	0.0556	3.4045	3.8605	2.7276	6.3849	21.5790	24.8946	16.9596
90.000	0.0692	3.2224	3.4321	2.5906	7.0398	18.3265	20.8595	14.3574
100.000	0.0776	2.8654	2.8824	2.7172	7.3654	15.6884	17.5774	12.3394
110.000	0.0646	2.4650	2.4858	2.9902	7.3785	13.5723	14.9757	10.7404
120.000	0.0414	2.2147	2.2317	3.2871	7.1644	11.8720	12.8979	9.4474
130.000	0.0261	2.0616	2.1544	3.5051	6.8342	10.4914	11.2115	8.3658
140.000	0.0260	2.0222	2.1516	3.6375	6.4465	9.3283	9.8158	7.4439
150.000	0.0373	2.0581	2.2010	3.6847	6.0311	8.3135	8.6349	6.6654
160.000	0.0534	2.1015	2.2606	3.6680	5.6410	7.4577	7.6558	6.0007
170.000	0.0692	2.1437	2.3031	3.6132	5.2789	6.7281	6.8349	5.4311
180.000	0.0811	2.1705	2.3253	3.5061	4.9109	6.0854	6.1390	4.9368
190.000	0.0903	2.1804	2.3283	3.3847	4.5680	5.5324	5.5442	4.5053
200.000	0.0982	2.1783	2.3121	3.2620	4.2598	5.0528	5.0319	4.1280

Таблиця 4.17 – Розподіл суми рівнів ГПЕ для всіх антен і точок у вертикальній площині з вертикальним центром, що проходить через точку $O(0;0)$, в азимуті антен " 2UPX0307P-C", "2UPX0307P-C " (власник: ПрАТ "Київстар") $\varphi_{п}=350^\circ$, на висотах $h(i)$ і на відстані R від центру, $\text{мкВт}/\text{см}^2$.

R, м	h1, м 2.000	h2, м 37.000	h3, м 38.000	h4, м 44.000	h5, м 50.000	h6, м 57.000	h7, м 64.000	h8, м 71.000
0.000	0.3132	2.2880	2.6306	12.4294	32.2784	13.9624	67.4649	49.5749
10.000	0.1351	1.2813	1.8103	2.6663	2.1729	2.6331	9.4759	5.4238
20.000	0.0758	0.3659	0.5587	22.7598	1.1146	13.3124	47.3861	49.5898
30.000	0.0356	0.5542	0.3470	28.1873	1.4539	34.4300	61.1061	66.0085
40.000	0.0524	0.4633	0.6588	16.0736	0.8426	37.6957	57.1334	53.8008
50.000	0.1006	1.0709	2.3223	8.3846	3.1915	31.3432	48.5671	41.4225
60.000	0.0701	2.3655	3.8998	5.3815	4.6434	26.5827	40.3900	32.7598
70.000	0.0898	3.4440	4.5252	4.2791	5.2329	22.7606	33.3741	26.2782
80.000	0.0813	3.8766	4.4981	3.5569	5.8560	19.4385	27.6097	21.5990
90.000	0.1323	3.7922	4.1152	3.1076	6.4076	16.8536	23.1879	18.1131
100.000	0.1458	3.4234	3.4825	3.0060	6.7112	14.6946	19.5461	15.4290
110.000	0.1030	2.9347	2.9685	3.1192	6.7559	12.9417	16.6546	13.3165
120.000	0.0533	2.5979	2.6027	3.3158	6.5958	11.4935	14.3484	11.6233
130.000	0.0255	2.3635	2.4459	3.4783	6.3457	10.2912	12.4786	10.2176
140.000	0.0231	2.2630	2.3759	3.5679	6.0277	9.2501	10.9284	9.0278
150.000	0.0373	2.2502	2.3646	3.5856	5.6864	8.3241	9.6103	8.0331
160.000	0.0605	2.2451	2.3814	3.5558	5.3610	7.5345	8.5180	7.1917
170.000	0.0847	2.2535	2.3940	3.4942	5.0535	6.8521	7.6024	6.4761
180.000	0.1038	2.2541	2.3878	3.3888	4.7379	6.2365	6.8267	5.8597
190.000	0.1163	2.2394	2.3654	3.2789	4.4419	5.7017	6.1639	5.3255
200.000	0.1232	2.2178	2.3299	3.1679	4.1733	5.2339	5.5930	4.8612

Висновки до розділу 4

Результати розрахунків розподілу електромагнітного випромінювання на території прилеглий до місця розташування базової станції UP1859 (Полтавська обл., Хорольський р-н, м. Хорол показали, що:

Абсолютні сумарні рівні ЕМП на висоті 2 м від поверхні землі і на відстанях 0-200 м становлять не більше $0.3617 \text{ мкВт}/\text{см}^2$, отже ГПЕ < ГПЕГДР = $100 \text{ мкВт}/\text{см}^2$ згідно наказу МОЗ України №2760 від 30 листопада 2020 р. «Про затвердження Змін до Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань».

Тобто, зважаючи на зазначене, на висоті 2-х метрів від поверхні землі рівні електромагнітного поля не перевищують граничнодопустимі рівні встановлені

“Державними санітарними нормами і правилами захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань”, ДСанНіП №239-96.

Такі рівні електромагнітного поля не можуть здійснювати шкідливий вплив на стан здоров'я населення і є безпечним для довкілля, а отже немає необхідності встановлювати санітарно-захисну зону (СЗЗ).

Проте, згідно розрахунків навколо даного РТО (радіотехнічний об'єкт), на висоті понад 37.406 м та на відстані до 43.745 м виникають ділянки, на яких рівні електромагнітного поля перевищують граничнодопустимий рівень. На ділянках де рівні електромагнітного поля (ЕМП) перевищують граничнодопустимі рівні поверхневої густини потоку енергії (ГПЕ ГДР), встановлюється зона обмеження забудови (ЗОЗ). На рис. 4.13 позначена зона обмеження забудови, в цю зону не потрапляють будівлі з перевищенням допустимої висоти. Зона обмеження забудови для будівель висотою нижче 37.406 м не встановлюється, отже негативний вплив електромагнітного випромінювання на стан здоров'я населення виключається.

Дані про електромагнітну ситуацію навколо даної базової станції викладені в таблиці 4.18 та нанесені на вкопювання з плану місцевості (див. Рис. 4.13).

Таблиця 4.18 – Висновки розрахунків впливу ЕМП

Азимут град.	Випромінювачі	Напт., м	Максимальний рівень ЕМП на висоті 2.0 м	Мінімальна висота ЗОЗ, м	Максимальний радіус ЗОЗ, м
ПрАТ «Київстар»					
40°	TDJ-709018DEI-65FV03/ A194518R0v01/ A19451811	68.8/ 68.8/ 47.4	0.3608	39.286	41.782
180°	TDJ-709018DEI-65FV03/ TDQ-172718DEI-65FT2v01/ A19451811	68.8/ 68.8/ 47.4	0.3132	42.628	42.876
290°	2UPX0307P-C/	61.8/	0.3132	42.649	35.717
350°		61.8	0.3132	42.650	38.152
320°	TDJ-709018DEI-65FV03/ TDQ-172718DEI-65FT2v01/ A19451811	68.8/ 68.8/ 47.4	0.3132	42.320	43.728
PPC/118.63°	RTN320_7_1.2	37.7	0.3132	37.406	23.837
PPC/16.69°	RTN320_7_1.2	51.1	0.3132	42.822	38.736
PPC/81.78°	RTN320_7_0.6	67.8	0.3132	42.638	35.060
PPC/322.17°	RTN320_23_0.6	49.6	0.3132	42.484	43.745
ПрАТ «ВФ Україна»					
90°	K 739650/ K 742236	62.0/ 62.0	0.3132	42.632	18.451
310°	K 739650/ K 742236/ APXV18-276516-C	62.0/ 62.0/ 62.0	0.3132	42.484	41.898
110°	APXV18-276516-C	62.0	0.3132	42.629	19.287
210°	APXV18-276516-C	62.0	0.3132	42.633	31.967
PPC/84°	OmniBAS_38G_0.6	62.0	0.3132	42.636	26.478
ТОВ «лайфселл»					
105°	K 742266	43.0	0.3132	42.333	19.491
195°	K 742266	43.0	0.3132	42.323	39.785
320°	K 742266	43.0	0.3132	42.320	43.728
PPC/108.4°	FH_15_1.2	43.0	0.3132	42.628	19.397

Таким чином базова станція UP1859 ПрАТ “Київстар” за адресою: Полтавська обл., Хорольський р-н, м. Хорол, як джерело електромагнітного випромінювання відповідає вимогам санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань і може бути введена в експлуатацію.

ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі розглядалося питання розширення мобільної мережі LTE-900 в місті Хорол. Сучасні технології бездротового доступу можуть забезпечити місто якісним рівнем покриття мобільного зв'язку четвертого покоління, підтвердженням цього є спроектована та виконано підключення мережі LTE-900.

В ході виконання роботи були розглянуті основні технології та стандарти нині існуючих поколінь зв'язку. Ознайомилися з характеристиками технології LTE-900, а також було детально розглянуто роботу базової станції на прикладі UP859 в м. Хорол.

Під час проектування мережі LTE-900 було:

- 1) розроблено схему підключення та підбір спроектованого обладнання;
- 2) запропоновано схему місця та спосіб встановлення спроектованого обладнання;
- 3) виконано розробку кабельного журналу для антенно-фідерних пристроїв;
- 4) виконано розрахунок гранично-допустимого рівня електромагнітного поля поблизу антен базової станції з допомогою програмного комплексу РВА.

Після виконання робіт зазначених в проекті по модернізації базової станції:

- 1) територія міста забезпечена стійким радіосигналом мережі LTE і надання користувачам високоякісного мобільного доступу в мережу Інтернет;
- 2) радіус дії базових станцій збільшився з 10 км до 35 км;
- 3) антена МІМО 2x2 працює в 2-х потоках, підтримуючи таким чином швидку передачу даних на відстані до 35 км та забезпечує швидкість до 150 Мбит/с в діапазоні LTE-900. Даних показників мережі вистачить навіть при подальшому збільшенні потенційних абонентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мобільний зв'язок: стандарти, структура, алгоритми, планування. Лохвицкий М. С., Сорокин А. С., Шорин О. А., 2018р. – 264 с.
2. Стеклов В. К. Особливості проектування системи управління інтелектуальною мережею/ В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. // Вісник державного університету — Львівська політехніка. – 2000. – №387. – С.19-22.
3. Get an overview for the 5G wireless access|Whitepaper - Ericsson. URL: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/5g-wireless-access-an-overview> (дата звернення: 05.05.2021)
4. Measurements in 4G networks. URL: <https://www.ericsson.com/4a0aa7/assets/content/22645e8e919f4fd38c4b28dd8daa661c/measurements-in-5g-networks.pdf> (дата звернення: 07.05.2021).
5. Раціональний вибір розміру антенної решітки МІМО для підвищення ефективності системи 5G. Магістерська дисертація / В. М. Гер. – Київ, 2018. URL: http://tk-its.kpi.ua/sites/default/files/2019-03/Her_magistr.pdf. (дата звернення: 17.04.2021)
6. Електронний ресурс: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41883/1/Navrylenko_bakalavr.pdf
7. Електронний ресурс: <https://3g-internet-svit.com.ua/ua/n302936-zapusk-900-mgts.html>
8. O.S. Dautov, Adel Zein E.M. Application of FEKO program to the analysis of SAR on human head modeling at 900 and 1800 MHz from a handset antenna
9. Protsenko M.B. Interaction of model human head with the antenna of the mobile terminal / M. B. Protsenko, L.I. Stepanova, O.O. Perley, V.G. Ishchenko // Proc. of X-th International Conf. «Antenna Theory and Techniques (ICATT)», 21 – 24 Apr. 2015. – Kharkiv, 2015. – P. 261 – 263.
10. Степанова Л.І. Оцінки взаємодії електромагнітного поля антени мобільного терміналу з головою користувача [Електронне видання] / Л.І.

Степанова // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2016. – № 6. – С. 1 – 8. Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/archive>

11. EN 50400 EUROPEAN STANDARD Basic standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission (110 MHz - 40 GHz) intended for use in wireless telecommunication networks with the basic restrictions or the reference levels related to general public exposure to radio frequency electromagnetic fields, when put into service. - June 2006.

12. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, затверджених наказом МОЗ України № 239 [Чинне від 30.11.2020]. – 25 с.

13. ДСТУ EN 50401:2009 «Радіостанції систем з радіодоступом базові», К.: Держспоживстандарт України, 2009. –10 с.

14. Електромагнітні поля і охорона здоров'я [Електронне видання], 2003. Режим доступу: <http://www.techno.edu./db/sect/79-0-12>.

15. Збірник наукових праць за матеріалами ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика», 10 листопада, 2023 р. / Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» — 31 с.

ДОДАТКИ

Додаток Е

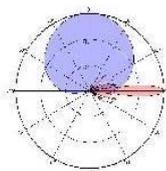


TDQ-172718DEI-65FT2v01

XXPol 1710~2690MHz×2 65° 18dBi 2°~12° Integrated RCU (Remote Control Unit)
Antenna.

Electrical specifications				
Frequency Range(MHz)	1710~2690×2			
	1710~1990	1920~2200	2200~2490	2490~2690
Polarization	±45°			
Gain (dBi)	17.2±0.5	17.5±0.5	17.8±0.5	18.0±0.5
Horizontal 3dB beamwidth (°)	65±2.8	65±2.2	63±3.0	64±2.5
Vertical 3dB beamwidth (°)	7.2±0.4	6.3±0.2	5.7±0.3	5.2±0.4
Front-to-back ratio (dB)	>28	>28	>28	>28
Cross-polar ratio (dB)	>22 (0°)	>22 (0°)	>22 (0°)	>22 (0°)
Electrical downtilt (°)	2~12			
Sidelobe suppression (dB) (First sidelobe above main beam)	>18	>18	>17	>16
VSWR	<1.5			
Isolation: intra-system (dB)	>28			
Isolation: inter-system (dB)	>30			
Intermodulation IM3 (2×43dBm carrier)	≤-153dBc			
Impedance (Ω)	50			
Max. power per input (W) @50°C	250			
RET Model	TRCU-TQ10P2V01(Replaceable, Included)			
RET Protocol	AISG 2.0 SRET			
Lightning protection	Dc Ground			

Mechanical specifications	
Connector	4×4.3-10-Female
Connector position	Bottom
Height×width×depth (mm)	1360×320×105
Packing size (mm)	1625×420×205
Antenna weight (kg)	13.6
Installation kit weight (kg)	5.4
Packing weight (kg)	21.4
Wind load (N.at 150km/h) Frontal/Lateral/Rearside	480/111/537
Max. wind velocity (km/h)	216
Radome material	Fiberglass
Radome color	Gray
Mechanical tilt (°)	0~15
Operating temperature (°C)	-50~65
Mounting hardware (mm)	Φ50~Φ115



1710~2690MHz



Додаток Г

DX-1710-2200-65-18i-M

Model: A19451811



Electrical Properties

Frequency range (MHz)	1710 - 2200											
	1710 - 1880			1850 - 1990			1920 - 2170			2170 - 2200		
Polarization	+45°, -45°											
Electrical downtilt (°)	0 - 10, continuously adjustable											
Gain (dBi)	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°
	17.2	17.6	17.4	17.7	18.0	17.7	18.0	18.1	17.9	18.0	18.2	17.9
Side lobe suppression for first side lobe above main beam (Typ.) (dB)	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°
	20	16	18	20	20	18	18	17	16	18	18	16
Horizontal 3dB beam width (°)	67			64			61			60		
Vertical 3dB beam width (°)	7.5			7.0			6.7			6.2		
VSWR	< 1.5											
Isolation between ports (dB)	≥ 30											
Front to back ratio, copolar (dB)	Typ. 30											
Cross polar ratio (dB)	0°	Typ. 22										
	±60°	Typ. 10										
Max. power per input (W)	300 (at 50°C ambient temperature)											
Intermodulation IM3 (dBc)	≤ -153 (2 x 43 dBm carrier)											
Squint (°)	Avg. 1.2											
Tracking (dB)	Avg. 1.2 (within 10dB HBW)											
Impedance (Ω)	50											
Grounding	DC Ground											

Mechanical Properties

Antenna dimensions (H x W x D) (mm)	1311 x 155 x 89
Packing dimensions (H x W x D) (mm)	1635 x 195 x 155
Antenna weight (kg)	6.2
Clamps weight (kg)	2.0 (2 units)
Antenna packing weight (kg)	10.7 (Included clamps)
Mast diameter supported (mm)	38 - 115
Radome material	Fiberglass
Radome colour	Light grey
Operational temperature (°C)	-55 .. +65
Wind load (N)	Frontal: 315 (at 150 km/h) Lateral: 155 (at 150 km/h) Rear side: 360 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)	150
Survival wind speed (km/h)	200
Connector	2 x 7/16 DIN Female
Connector position	Bottom

Accessories

Item	Model	Description	Weight	Units per antenna
Downtilt kit	ASMDT0A01	Mechanical downtilt: 0 - 12 °	0.6 kg	1 (Separate packing)



Додаток В

DX-1710-2200-65-18i-M-R

EasyRET Single-Band Antenna with 1 Integrated RCU - 1.4m

Model: A194518R0v01



Antenna Specifications

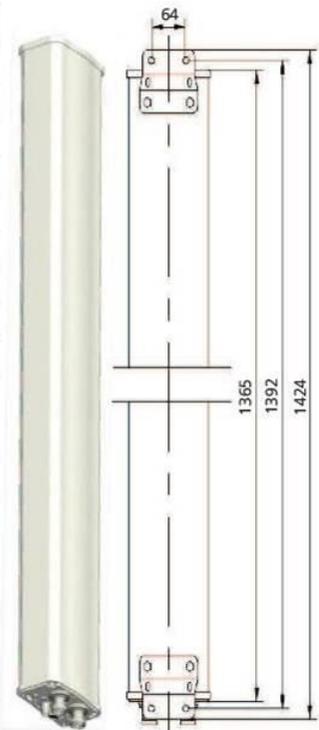
Electrical Properties					
Frequency range (MHz)	1710 - 2200				
	1710 - 1880	1850 - 1990	1920 - 2170	2170 - 2200	
Polarization	+45°, -45°				
Electrical downtilt (°)	0 - 10, continuously adjustable				
Gain (dBi)	at mid Tilt	17.4	17.8	18.0	17.9
	over all Tilts	17.2 ±0.4	17.6 ±0.4	17.7 ±0.4	17.8 ±0.4
Side lobe suppression for first side lobe above main beam (dB)	> 19	> 19	> 18	> 17	
Horizontal 3dB beam width (°)	68 ±1.5	67 ±1.5	66 ±2	63 ±2	
Vertical 3dB beam width (°)	7.4 ±0.4	6.9 ±0.4	6.5 ±0.4	6.0 ±0.3	
VSWR	< 1.5				
Cross polar isolation (dB)	≥ 30				
Front to back ratio, ±30° (dB)	> 28	> 28	> 27	> 27	
Cross polar ratio (dB)	0°	> 22	> 22	> 18	
Max. power per input (W)	300 (at 50°C ambient temperature)				
Intermodulation IM3 (dBc)	≤ -153 (2 x 43 dBm carrier)				
Impedance (Ω)	50				
Grounding	DC Ground				

1. Values based on NGMN recommendations on Base Station Antenna Standards (BASTA).
2. Electrical datasheet in XML format is available.

Mechanical Properties	
Antenna dimensions (H x W x D) (mm)	1365 x 155 x 89
Packing dimensions (H x W x D) (mm)	1695 x 195 x 155
Antenna weight (kg)	6.4
Clamps weight (kg)	2.0 (2 units)
Antenna packing weight (kg)	10.9 (Included clamps)
Mast diameter supported (mm)	38 - 115
Radome material	Fiberglass
Radome colour	Light grey
Operational temperature (°C)	-40 .. +65
Wind load (N)	Frontal: 330 (at 150 km/h) Lateral: 165 (at 150 km/h) Rear side: 375 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)	200
Survival wind speed (km/h)	250
Connector	2 x 7/16 DIN Female
Connector position	Bottom

Accessories

Item	Model	Description	Weight	Units per antenna
Downtilt kit	ASMDT0A01	Mechanical downtilt: 0 - 12 °	0.6 kg	1 (Separate packing)



Додаток Г

Preliminary Specifications

Product Data Sheet

2UPX0307P-C

BROADRADIO

XX Pol Panel Twin Beam 2×698-960 35° 18dBi 0°-10° Replaceable RET**Electrical Specifications**

Frequency Range (MHz):	698-960(R1,R2)		
	698-806	806-880	880-960
Gain (dBi):	17.0	17.5	18.0
Return Loss (dB):	>14 (VSWR<1.5)		
Polarization:	±45°		
Horizontal 3dB beamwidth (°):	2×39	2×38	2×35
Horizontal Beam Pointing (°):	-31, +31	-28, +28	-25, +25
Vertical 3dB beamwidth (°):	14.5	12.7	11.0
Electrical Downtilt (°):	0-10, Independently Continuously Adjustable		
Polarization Isolation (dB):	>25		
Max. Power Per Port (W):	300		
Intermodulation IM3 (dBC):	<-153 (2×43 dBm)		
Impedance (ohm):	50		
Lightning Protection:	DC Grounded		
Connector Type:	4×4.3-10 Female		

Mechanical Data

Antenna Dimensions (mm):	2000x598x169
Packing Dimensions (mm):	2220x680x260
Antenna Net Weight/Bracket (kg):	37/5.9
Antenna Gross Weight (kg):	49.5
Radome Material:	Fiberglass
Pipe OD (mm):	50-115
Mounting Kits (Included):	BA.K.04.00069121, Adjustable Downtilt 0°-14°

**Environmental Ratings**

Humidity:	95%RH@+30°C
Temperature (°C):	-40 ~ +70
Wind Load @150 km/h (N):	Frontal/Lateral/Rearside: 1523/162/1494
Max. Wind velocity (km/h):	200

Internal RET Specifications

RET type:	Replaceable RET
RET protocol:	AISG 2.0 /3 GPP
Input voltage range (V):	10-30 DC
Power consumption(W):	< 5 (motor activated , single RET) < 1 (stand by, single RET), < 1.5 (stand by, 12V)
Adjustment time (full range) (s):	< 120 (typically, depending on antenna type)
RET connector:	1 pair of AISG 5 pin male & female
Pin assignment according AISG:	8 pin circular connector conforming to IEC 60130-9 - Ed. 3.0
Lightning protection (kA):	5 (8/20 μs Differential mode), 8 (8/20 μs Common mode)

Додаток Г



TDJ-709018DEI-65Fv03

XPoI 790~960MHz 65° 17.4dBi 0°~8° Integrated RCU (Remote Control Unit) Antenna

Electrical specifications			
Frequency Range(MHz)	790~960		
	790~862	824~894	880~960
Polarization	±45°		
Gain at mid tilt (dBi)	17.0	17.3	17.7
Gain over all tilts (dBi)	16.8±0.4	17.1±0.3	17.4±0.5
Horizontal 3dB beamwidth (°)	68±2.2	66±2.3	64±3.1
Vertical 3dB beamwidth (°)	8.5±0.6	7.9±0.5	7.2±0.5
Front-to-back ratio (dB)	>27	>26	>25
Cross-polar ratio (dB)	>25(±60°>11)	>25(±60°>10)	>24(±60°>8)
Electrical downtilt (°)	0~8		
Sidelobe suppression (dB) (First sidelobe above main beam)	>18	>18	>17
VSWR	≤1.5		
Isolation: intra-system (dB)	≥30		
Intermodulation IM3 (2×43dBm carrier)	≤-153 dBc		
Impedance (Ω)	50		
Max. power per input (W) @50°C	400		
RET Model	TRCU-TM10P1V01(Integrated, Replaceable)		
RET Protocol	AISG 2.0 SRET		
Lightning protection	Dc Ground		
Mechanical specifications			
Connector	2×4.3-10 Female		
Connector position	Bottom		
Height×width×depth (mm)	2580×270×140		
Packing size (mm)	2955×365×220		
Antenna weight (kg)	23		
Installation kit weight (kg)	5.4		
Packing weight (kg)	32		
Wind load (N, at 150km/h) Frontal/Lateral/Rearside	452/113/934		
Max. wind velocity (km/h)	216		
Radome material	Fiberglass		
Radome color	Gray		
Mechanical tilt (°)	0~8		
Operating temperature (°C)	-50~65		
Mounting hardware (mm)	Φ50~Φ115		

