

**ВСЕУКРАЇНСЬКА ПРОГРАМА ПІДТРИМКИ СТУДЕНТІВ**  
**“Професіонали майбутнього”**  
**ДЛЯ СТУДЕНТІВ ПРОФІЛЬНИХ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ**  
**за напрямом “ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ”**



**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗВІТ**

про виконання проекту

**«Покращення якості обслуговування абонентів мобільного зв'язку на автомагістралях державного значення»**

Узгоджено:

декан факультету

комп'ютерних інформаційних

технологій та автоматики ДонНТУ

\_\_\_\_\_ О.В. Хорхордін

Виконавці проекту:

студенти IV курсу напрямку підготовки «Телекомунікаційні системи і мережі»

1. Геращенко Олександр
2. Орленко Андрій
3. Левченко Лілія
4. Матвійчук Євген
5. Рубцов Олексій

Науковий керівник: к.т.н. доцент Попов Владислав Олександрович

Консультанти:

д.т.н. професор Воронцов Олександр Григорович

к.т.н. доцент Бессараб Володимир Іванович

к.т.н. доцент Дегтяренко Ілля В'ячеславович

Виконавці проекту висловлюють подяку керівництву та співробітникам східного територіального управління ЗАТ УМЗ за підтримку проекту та надання деяких реальних даних для роботи над завданням.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 НОВИЗНА ПРОЕКТУ.....	5
2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	5
3 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	5
4 ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	7
4.1 Проблема неуспішності з'єднання.....	8
4.2 Проблема перерваних з'єднань.....	12
3.3 Проблема якості передачі мови.....	13
5 ПОТРЕБИ ФІНАНСОВИХ ВИТРАТ.....	15
РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ.....	16
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	17
ДОДАТОК А. Відгук наукового керівника.....	17
ДОДАТОК Б. Довідка щодо використання результатів розробки проекту ДонНТУ „Покращення якості обслуговування абонентів мобільного зв'язку на автомагістралях державного значення”.....	19

## ВСТУП

Обслуговування мобільним зв'язком абонентів автомобільних трас – непроста задача. По-перше, розмістити базову станцію в будь-якому, навіть найбільш вигідному з точки зору формування електромагнітної обстановки, місці не завжди видається можливим через відсутність необхідної інфраструктури. Саме тому базові станції встановлюють у притрасових населених пунктах. По-друге, такі населені пункти – це селища або невеликі міста, де не так багато високих будівель, як у великому місті, тому забезпечити необхідну висоту підвісу антени не просто. У такому випадку потрібно будувати опору для антени базової станції. По-третє, вздовж траси можуть бути ліси, лісосмуги, пагорби, ріки – все це ускладнює процес розповсюдження сигналу, відповідно, якість зв'язку погіршується.

Таким чином, проблема якості зв'язку саме на трасах є досить актуальною, і кожний оператор намагається переборювати вищевказані складності власними засобами.

Проект спрямований на узагальнення варіантів вирішення цих проблем, надання нових рекомендацій та автоматизацію деяких алгоритмів рішень з метою підвищення якості обслуговування та прискорення прийняття рішень при виникненні нестандартних ситуацій.

Завдання роботи:

1. Визначення проблем, найбільш характерних при обслуговуванні мобільним зв'язком автомобільних магістралей України та причин їх виникнення
2. Створення програмного забезпечення для моделювання радіопокриття, що створюють базові станції
3. Застосування розробленого ПЗ для напрацювання рекомендацій по покращенню якості обслуговування абонентів, що рухаються автомагістралями

Проект охоплює рішення майже всіх основних проблем, які виникають на великих автомобільних дорогах при обслуговуванні їх мобільним зв'язком.

## 1 НОВИЗНА ПРОЕКТУ

- Розроблено оригінальне програмне забезпечення, яке дозволяє моделювати радіопокриття базових станцій мережі стільникового зв'язку з урахуванням явища «дифракції на клині» та особливостей розповсюдження сигналу в притрасових лісових масивах.
- Запропоновано алгоритм автоматизації змін параметрів стільників, що обслуговують автомагістралі в залежності від сезонного росту навантаження та змін характеристик радіопокриття.

## 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Поставлена задача вирішувалась за допомогою наступних методів:

1. Метод статистичного аналізу. В процесі роботи була розглянута статистика кількох базових станцій. За допомогою цієї статистики були визначені основні проблемні ділянки, наприклад, місця з великим процентом невдалих хендоверів, базові станції з недостатньою ємністю і т.д. Це дозволило локалізувати проблемні зони і вирішувати задачу для конкретних умов.

2. Метод моделювання. Для оцінки рівня сигналу у будь-якій точці території, яка обслуговується, були використані математичні моделі розповсюдження сигналу: модель Окамури-Хата, моделі проходження сигналу в лісних зонах. Розглянуті моделі були покладені в основу програмного забезпечення. Мова програмування – Borland Delphi 7.0. Програма дозволяє оцінити покриття мережі у Донецькій області, показує основні проблемні зони автомагістралі при обслуговуванні мобільним зв'язком. Також можна реалізувати новий варіант радіочастотного планування, або вдосконалити існуючий, додаючи нові базові станції та змінюючи параметри антен, такі, як нахил діаграми направленості, висота підвісу антени, кількість прийомопередавачів.

## 3 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є обслуговування абонентів мобільного зв'язку, що рухаються автомагістралями на прикладі автотраси Донецьк-Маріуполь. Довжина траси складає 103 кілометри, вона поєднує два великих промислових

міста, до того ж Маріуполь – важливий порт України. Даною трасою проходить шлях для багатьох туристів та відпочивальників до курортів Азовського та Чорного морів, тому для неї характерні сезонні коливання навантаження (статистика свідчить, що коливання трафіку складають 3-4 рази), а отже і сезонність виникнення певних проблем при обслуговуванні абонентів рухомого зв'язку.

Хоча рельєф Донецької області переважно рівнинний, місцевість уздовж траси порізана балками та ярами, в яких знаходяться населені пункти, а отже і базові станції. Таким чином, картина радіопокриття нестандартна – базова станція знаходиться у балці і її покриття обмежене кордонами цієї балки. До того ж, у такому випадку можуть бути неочікувані джерела інтерференції – наприклад, сигнал вздовж річки по балці розповсюджується з малими втратами, і якщо цього не враховувати, це може спричинити інтерференцію. За допомогою розробленої програми можна показати такий випадок на конкретному прикладі. На рисунку 2.1 показана базова станція, встановлена у селищі Анадоля, і її покриття. Висота підвісу антени 20 метрів, потужність випромінювання 43дБм, частота 900МГц. Сигнал, розповсюджуючись вздовж балки, може бути причиною інтерференції для базових станцій, встановлених у населених пунктах Волноваха (на відстані приблизно 18 км) і Донське (відстань 8 км).

Донецька область знаходиться у степовій зоні, але для південної частини області, де саме і знаходиться об'єкт дослідження, характерні штучні насадження дерев. Сигнал перетерплює загасання, проходячи крізь них. Це може бути причиною неможливості встановлення з'єднання, зриву виклику або недоступності абонента.

Такі основні риси процесу обслуговування мобільним зв'язком на автомобільній магістралі Донецьк-Маріуполь.

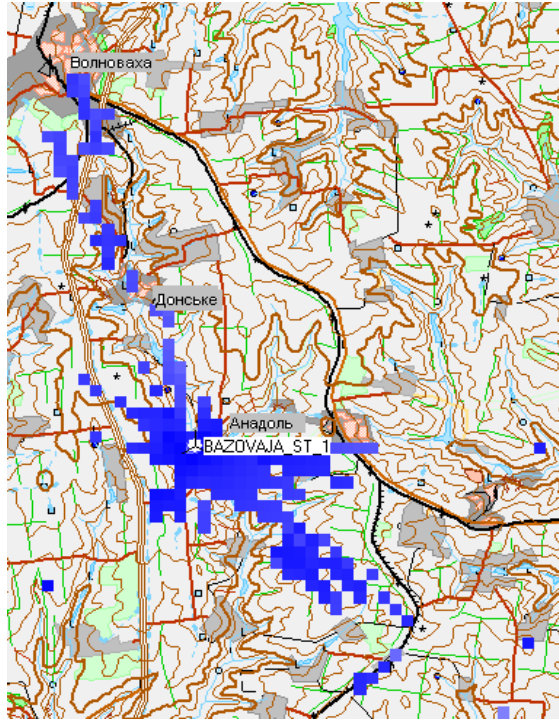


Рисунок 2.1. – Сигнал вздовж балки може бути  
завадою

#### 4 ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Основними етапами використання послуги з точки зору користувача мобільного зв'язку є:

1. Доступ до послуги
2. Безперервність послуги
3. Повнота послуги.

На кожному з цих етапів можливі певні проблеми забезпечення якості зв'язку:

- На етапі доступу до послуги характерна проблема неуспішності з'єднання
- Основна проблема якості на другому етапі – перервані з'єднання
- Повнота надання послуги відображає якість послуги безпосередньо під час її отримання, таким чином, основна проблема на цьому етапі – неякісна передача мови, тобто неможливість розібрати те, що говорять, та розпізнати того, хто говорить.

Розглянемо специфіку названих проблем якості для досліджуваного об'єкта в порядку їх пріоритетності.

#### 4.1 Проблема неуспішності з'єднання

Розглянемо основні шляхи вирішення цієї проблеми.

I. Розділення трафіку, що надходить з автошляху та внутрішнього трафіку населеного пункту.

Необхідно ретельно вибирати місце розміщення базової станції в населеному пункті. На рисунку 4.1 показано варіант вдалого (а) та невдалого (б) розміщення базової станції та орієнтації секторів. Коли стільник обслуговує фактично весь трафік населеного пункту і ділянку траси (4.1.б), його ресурси використовуються неповною мірою. Більш правильний варіант розташування базової станції та орієнтації антен – два сектори обслуговують тільки трасу, третій – весь населений пункт (4.1.а). Проте такий підхід можливий лише при проектуванні нових базових станцій, а для існуючих таке перенесення є досить затратним, а то і просто неможливим.



Рисунок 4.1. – Обрання місця розміщення базової станції

Для існуючих базових станцій слід використовувати багат шаровий механізм та розподіл трафіку між шарами: 900МГц (G-шар) та 1800МГц (D-шар). Внутрішній трафік має повністю обслуговуватися шаром D, трафік з автошляху – переважно шаром G.



Для стільників D-шару, що обслуговують автомагістраль, слід підвищувати пріоритет. Розглянемо цей процес на прикладі: припустимо, що сектор G-шару обслуговує абонентів магістралі, які їдуть на великій відстані від базової станції. Коли абонент під'їжджає ближче, обслуговування передається сектору D-шару з таким же азимутом. Якщо навантаження на мережу велике, то необхідно збільшити пріоритетність стільника D-шару, тоді обслуговування абонента передаватиметься йому раніше. Оскільки кількість пар частот для D-шару значно більша, ніж для G-шару, то кількість прийомопередавачів на D-шарі більша, ніж на G-шарі. Це означає, що ймовірність втрати виклику зменшується, до того ж канал на G-шарі звільнюється для обслуговування абонента, що знаходиться далеко від базової станції, і D-шар для нього поки ще недоступний. Таке штучне збільшення пріоритету стільника D-шару досягається за рахунок підвищення критерія переобрання стільника C2.

## II. Збільшення ємності мережі.

Статистичні дані свідчать, що нерідкими бувають випадки, коли всі ресурси обслуговуючого стільника виявляються зайнятими – низький відсоток успішно встановлених з'єднань (Call Setup Success Rate), великий відсоток блокування каналу виклику (Dropped Call Rate) (рисуюнок 4.2).

Cell Name	Daily Info								
	Max Number of Defined Trx	Number of TCH Connection	TCH Traffic (Erl)	Full Rate TCH Traffic (Erl)	Half Rate TCH Traffic (Erl)	SDCCH Traffic (Erl)	Time per Call (min)	Call Setup Success Rate	Dropped Call Rate
		1.17	1.0	1.0.1,3	1.0.2,4	1.21			
DON KLC ELE G 30°	2	3655	31,02	31,02	0,00	6,65	0,51	87,2%	8,8%
DON KLC ELE G 225°	2	6160	66,83	66,53	0,30	19,08	0,65	93,5%	4,7%
DON KLC ELE G 315°	2	4797	34,49	34,49	0,00	6,05	0,43	95,7%	3,3%
DON MAR KAM G 0°	2	6024	96,68	34,14	62,54	8,73	0,96	96,5%	3,4%
DON MAR KAM G 130°	2	5541	36,67	36,67	0,00	8,41	0,40	88,7%	6,0%
DON MAR KAM G 255°	2	1521	10,98	10,98	0,00	3,51	0,43	88,5%	6,8%
DON BRZ AGR G 210°	2	758	6,19	6,19	0,00	1,04	0,49	95,9%	6,7%
DON ELE ELE D 55°	2	5136	45,60	45,53	0,07	10,47	0,53	93,7%	6,7%
DON ELE ELE G 55°	2	3291	31,82	31,82	0,00	22,19	0,58	90,5%	11,1%
DON ELE ELE G 100°	2	9261	88,55	72,07	16,48	14,89	0,57	94,2%	4,3%
DON ELE ELE G 205°	2	6260	56,02	55,88	0,14	8,19	0,54	96,4%	2,9%
DON VOL RRS G 20°	2	4838	41,22	40,94	0,28	5,63	0,51	96,9%	2,6%
DON VOL RRS G 180°	2	17214	138,04	26,61	111,43	59,09	0,48	93,0%	6,8%
DON VOL RRS G 120°&310°	2	9764	65,61	64,68	0,93	16,47	0,40	96,0%	5,3%

Рисуюнок 4.2. – Великий відсоток втрачених викликів

У цьому випадку може бути два варіанти розв'язання:

1. Використання механізму напівшвидкісного кодування – абоненту виділяється тайм-слот не у кожному кадрі, а через один. Для того, щоб при цьому уникнути погіршення якості мови, пропонуємо використовувати адаптивне напівшвидкісне кодування (AMR\_HR-кодек). Так ємність базової станції може бути підвищена майже до двох разів. Реалізувати це нескладно – потрібно зменшити поріг, при якому відбувається перехід до напівшвидкісного кодування. Такий варіант вирішення проблеми вимагає мінімальних затрат.

2. Додавання нових прийомопередавачів. Для обслуговування Донбаського регіону використовується всього 19 пар частот 900-го діапазону (далі G-шар), тому радіочастотне планування у цих межах є складною задачею, адже треба забезпечити високий рівень відношення сигнал/інтерференція між базовою станцією, яка обслуговує абонента, та базовими станціями, які працюють на тій же частоті і заважають її роботі. Тому зручно застосовувати прийомопередавачі D-шару завдяки тому, що вільна частотна смуга для 1800-діапазону значно ширша. Але тут виникають також проблеми, пов'язані з тим, що радіус дії антен D-шару менший. Тут треба обирати краще для конкретного випадку.

Оскільки зазначені проблеми носять чітко виражений сезонний характер, то можна запропонувати алгоритм автоматизації керування сезонними значеннями параметрів стільника (рисунок 4.3).

Найменш витратним методом вирішення цієї проблеми з точки зору співвідношення між ємністю мережі і якістю зв'язку, є перерозподіл між шарами. Підвищуючи пріоритет базової станції D-шару, можна зменшити процент втрачених викликів, проте рівень сигналу при переході мобільної станції на D-шар буде вже меншим. Таким чином, нескінченно збільшувати пріоритет D-шару неможливо, тут має бути певна межа, після якої рівень сигналу, що приймається мобільною станцією, буде неприпустимо малим.

Якщо збільшення пріоритету не дає очікуваних результатів (параметр Call Setup Success Rate менше 95%), то переходимо до наступного способу – зменшення порогу навантаження, при якому всі виклики, що знов надійшли,

будуть обслуговуватися з напівшвидкісним кодуванням. Цей поріг також неможна зменшувати до нуля, є певний мінімальний поріг, нижче якого опуститися неможливо.

Якщо навіть після такої модифікації параметр  $CSSR < 95\%$ , то необхідно вносити більш радикальні зміни у конфігурацію базової станції – додавати нові прийомопередавачі.

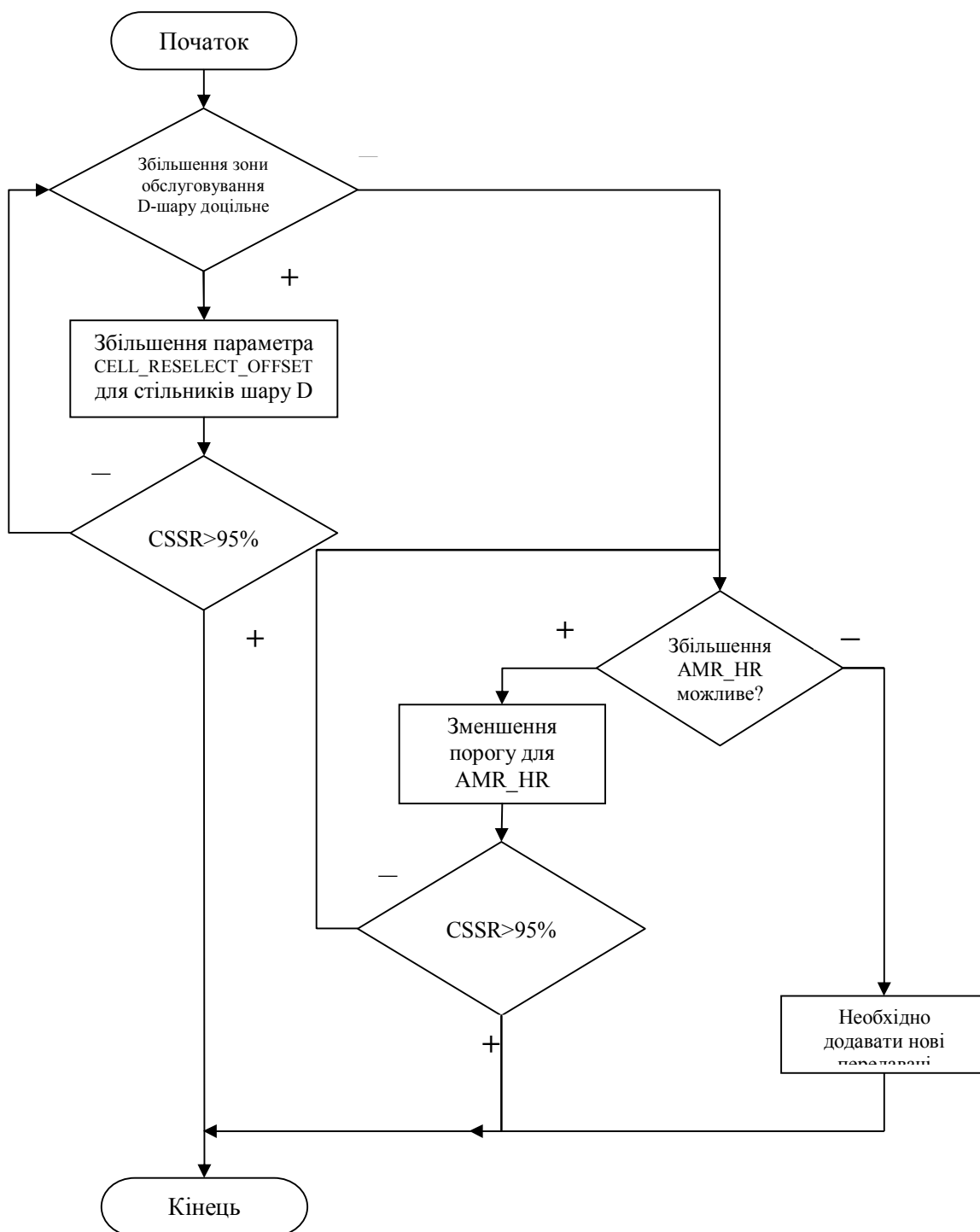


Рисунок 4.3. – Алгоритм автоматизації керування сезонними значеннями параметрів стільника

## 4.2 Проблема перерваних з'єднань

Як свідчить статистика, ця проблема також є актуальною. Вона може виникати через наступні особливості досліджуваного об'єкта:

1. Особливості місцевості, а саме: наявність балок, лісів. В таких характерних місцях часто з'являється проблема слабого сигналу, коли жодна з базових станцій не може забезпечити його достатній рівень. Це може привести до втрати виклику, коли абонент проїжджає таке місце.

2. Підвищена мобільність абонентів. У сукупності з особливостями рельєфу та розміщенням базових станцій це може викликати чисельні передачі управління з'єднанням від одного стільника до іншого (процес хендоверу) та його повернення в короткий проміжок часу. Виникає так званий «пінг-понг», під час якого часто відбувається втрата виклику. Зони «пінг-понгу» з'являються там, де приблизно проходять межі стільників, і радіообстановка є нестабільною.

Для усунення зазначених причин пропонується наступне:

1. Щодо слабого рівня сигналу, то потрібен детальний аналіз характерних зон, а рішення слід насамперед шукати в орієнтації антен найближчих базових станцій – можливо буде достатньо незначно нахилити діаграми спрямованості антен. На розробленому програмному пакеті можна здійснювати аналіз впливу різного нахилу діаграми спрямованості антени на рівень сигналу в проблемних зонах. На рисунку 4.4 наведено приклад застосування цього способу.

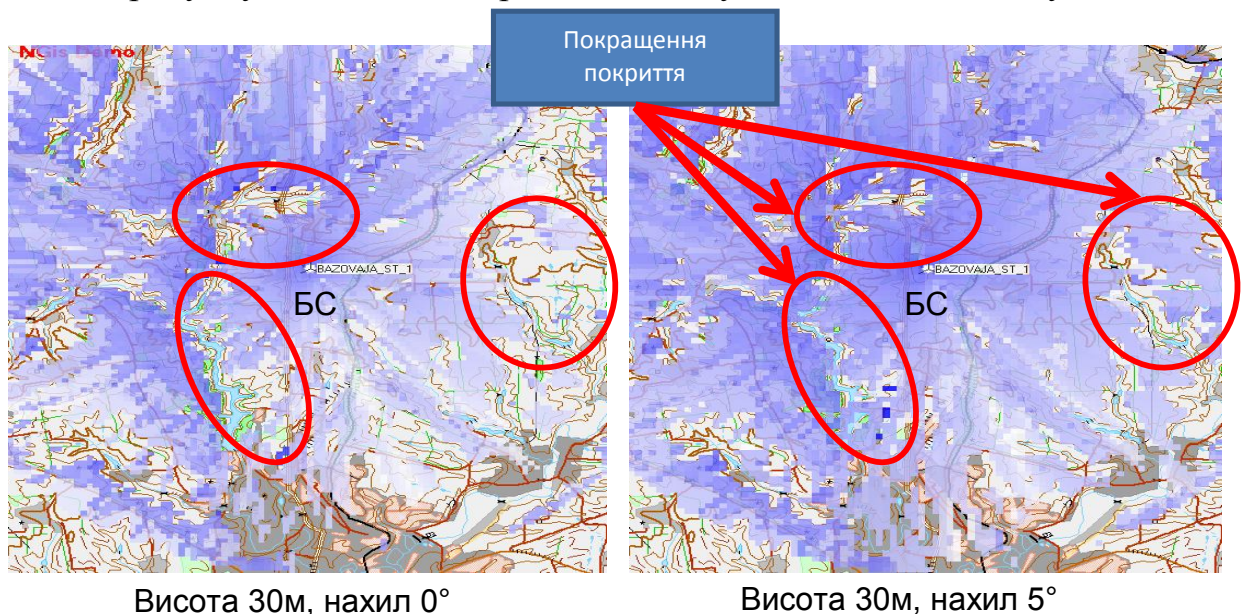


Рисунок 4.4. – Підвищення рівню сигналу в балках

Ще одним варіантом вирішення зазначеної проблеми є підсилення вихідної потужності базової станції. Якщо це неможливо, проте користувач досить швидко проїжджає проблемне місце, то потрібно задати для того стільника або стільників, що обслуговують цю територію, параметр тайм-ауту, за яким визначається обрив з'єднання, таким, щоб воно не було перерване протягом того часу, за який абонент проїжджає проблемне місце. Звичайно, протягом дії такого таймеру абоненти не чують один одного, але користувачу не доведеться передзвонювати.

2. На сьогодні найбільш розповсюджений вид хендоверу – це хендовер по кращому енергетичному бюджету радіоканалу, тобто наявність кращого стільника для обслуговування. Тому уникати «пінг-понгу» можна за рахунок створення гістерезисної хендоверної характеристики. Тобто бюджет радіоканалу для стільника, який є претендентом на прийняття управління з'єднанням має не просто бути вищим від обслуговуючого, а перевищувати його на певну величину. Встановити цю величину можна лише по результатам драйв-тестів.

### **3.3 Проблема якості передачі мови**

Основною причиною неякісної передачі мови є інтерференція. Це загальна проблема для мереж, побудованих на принципі перевикористання частот, і вона стає все більш актуальною зі збільшенням щільності базових станцій. Для зменшення та рівномірного розподілу інтерференцій в мережі можна запропонувати:

1. Зменшення висоти підвісу антен та нахилу їх діаграми спрямованості до землі. Таким методом можна здійснювати локальну боротьбу з інтерференцією. Але він не завжди можливий, адже при цьому може недопустимо змінитися зона обслуговування стільника та знадобляться серйозні зміни у радіоплануванні території. На рисунку 3.5 приведено результат моделювання покриття базової станції, що знаходиться у населеному пункті Новотроїцьке. На рисунку видно імовірні зони інтерференції, які віддалені від даної базової станції і знаходяться в зоні обслуговування інших базових станцій.



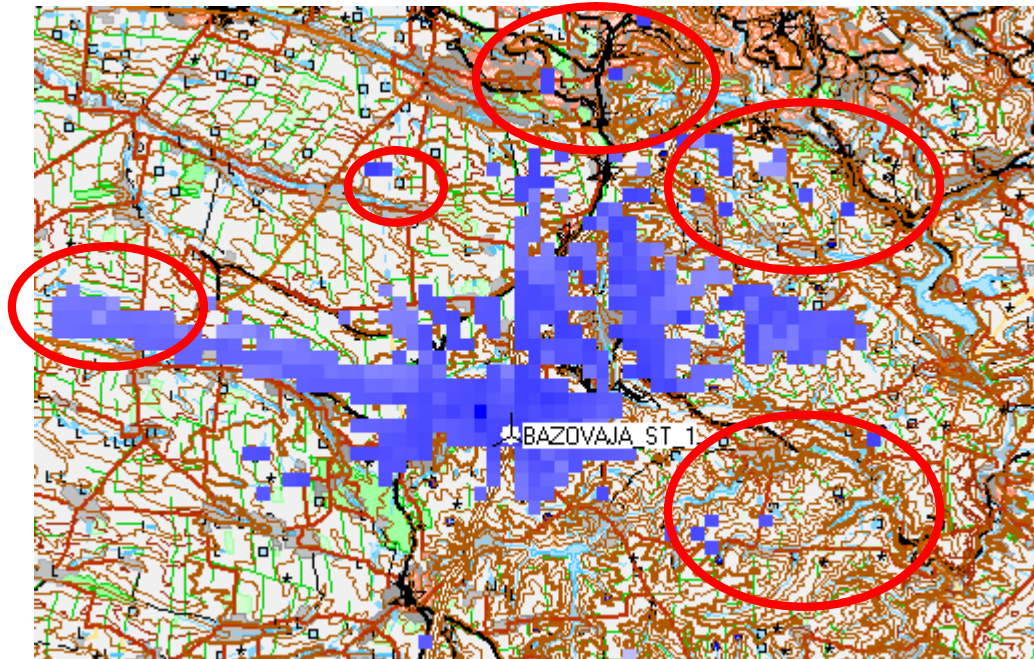


Рисунок 4.5. – Імовірні зони інтерференції

На рисунку 4.6 показане покриття тієї ж самої базової станції після нахилу діаграми направленості на 5 градусів. Видно, що зони інтерференції стали меншими, а деякі навіть зникли.

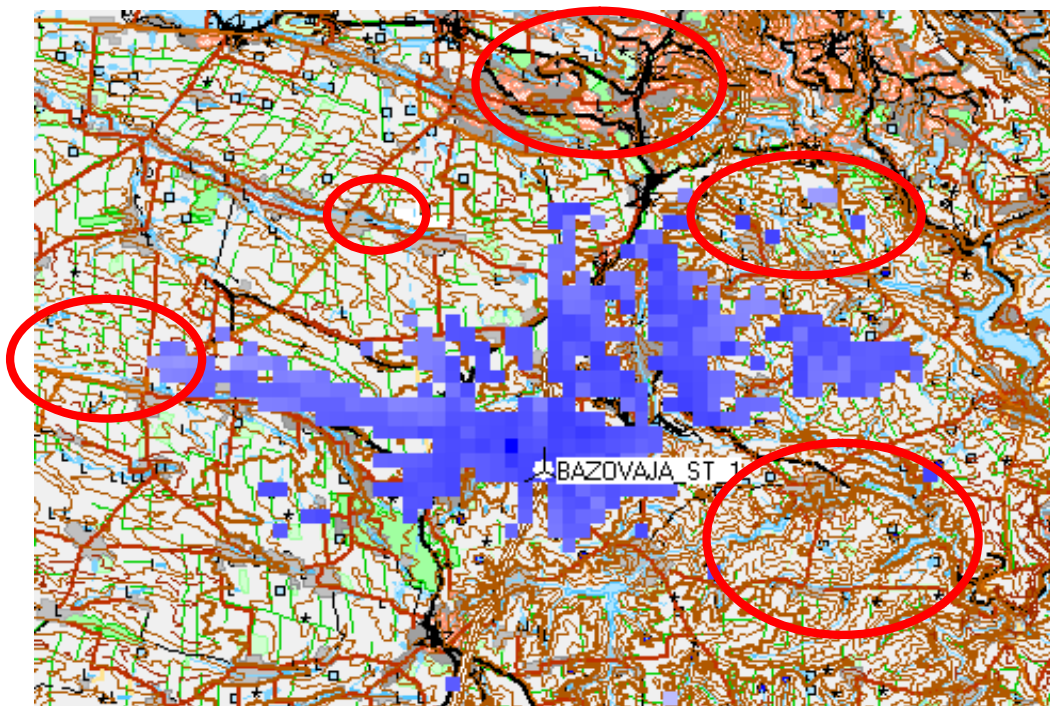


Рисунок 4.6. – Зменшення зон інтерференції

2. Для рівномірності розподілу та зменшення негативного впливу інтерференції на якість передачі мови по всій мережі рекомендується впровадження режиму стрибкової частоти – так званого хоппінгу. Типові та

широко розповсюджені в світі частотні плани при використанні хоппінгу: 3/9, 1/3, 1/1(рисунок 4.7).

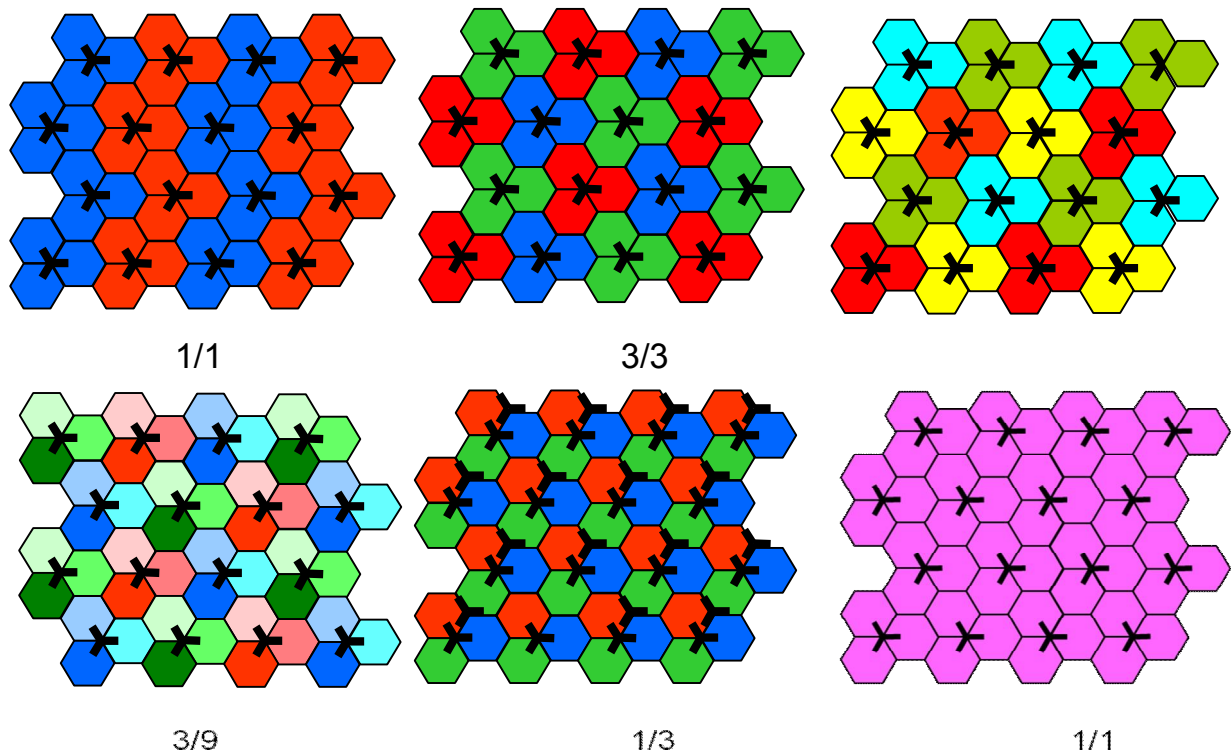


Рисунок 4.7. – Основні частотні плани при використанні хоппінгу

Зрозуміло, що чим більш щільним стає перевикористання, тим гірше розподіл інтерференцій по мережі. З іншого боку, використання таких планів як 3/9 вимагає значно більшої кількості частот. З огляду на це більш перспективним та інноваційним є використання планів типу n/n. При цьому кожна базова станція використовує хоппінгові частоти, виділені для неї, в усіх своїх секторах. Тут важливо уникнути міжсекторної інтерференції в межах однієї базової станції. Щоб зробити це, потрібне виконання наступної умови: кількість частот для хоппінгу, виділених для даної базової станції, має перевищувати середню кількість передавачів на сектор для цієї ж станції щонайменше втричі.

## 5 ПОТРЕБИ ФІНАНСОВИХ ВИТРАТ

Основні пункти витрат:

- Придбання детальної електронної 3D карти місцевості;
- Придбання ліцензії для впровадження хоппінгу;
- Придбання ліцензії для реалізації AMR кодування.

Впровадження алгоритму автоматизації керування сезонними значеннями параметрів стільника (рисунок 4.3) вимагає певних досліджень – необхідно визначити ступінь автоматизації, тобто, чи буде це повністю автоматизована система – програма буде приймати рішення щодо зміни значення параметрів і буде змінювати їх, або програма буде розраховувати значення параметрів і виводити їх на монітор, а змінювати параметри буде вже людина. Тому говорити про конкретні витрати ще неможливо, але можна сказати, що втрати на дослідження і написання програмного забезпечення будуть мати місце.

### РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

Результатом виконання проекту є створення програмного пакету, для розрахунку покриття базових станцій, який використовує модель Окамури-Хата з врахуванням явища “дифракції на клині” та втрат при розповсюдженні сигналу в лісових масивах. Також було синтезовано алгоритм для автоматизації сезонних змін параметрів стільників, що обслуговують абонентів автомагістралей державного значення. Запропоновані основні шляхи покращення показників якості обслуговування абонентів таких магістралей:

1. Розділення трафіку, що надходить з автотраси, та внутрішнього трафіку притрасових населених пунктів.
2. Використання механізму напівшвидкісного кодування для підвищення ємності стільника.
3. Автоматизація сезонних змін параметрів стільника (CELL\_RESELECT\_OFFSET та поріг для використання AMR\_HR).
4. Адаптивне налаштування таймаутів розпізнавання провалу радіоз’єднання для стільників, в яких є невеликі зони слабого сигналу.
5. Орієнтація та нахил антен базових станцій для забезпечення покриття у зонах слабого сигналу.
6. Створення гістерезисної хендоверної характеристики для уникнення „пінг-понгу”.
7. Впровадження режиму стрибкової частоти з частотним планом типу n/n.



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ITU-R Recommendations. 2001. P. 1546
2. Y.Okumura et al. Field Strength and Its Variability in VHF and UHF Land-Mobile Radio Service// Review of the Electr. Commun. Lab. 1968. v.16. №9-10. p. 825-873
3. M. Hata. Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services. IEEE Trans. Veh. Technol. Vol VT-29, pp. 317-325. Aug 1980
4. Попов В.А., Воропаева В.Я., Верховский Я.М. Алгоритм оптимальной кластеризации для сетей сотовой связи. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 13 (121). - Донецьк-2007. С. 53-58
5. Шорин О.А. Прогноз перегрузок с учетом подвижности абонентов в сотовых системах связи. // «Мобильные системы», 2005, №1.
6. N. Wei, A. Pokhariyal, C. Rom, et al., Baseline E-UTRA downlink spectral efficiency evaluation, in Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference (VTC '06), pp. 21312135, Montreal, Canada, September 2006

## ДОДАТОК А

### Відгук наукового керівника

#### ВІДГУК

наукового керівника проекту **“Покращення якості обслуговування абонентів мобільного зв’язку на автомагістралях державного значення”**, виконаного студентами 4-го курсу напрямку підготовки **“Телекомунікації”** Донецького національного технічного університету

Тема проекту, яку запропонували студенти до розв’язання, є актуальною для сегменту мережі, що обслуговує рухомих абонентів з дійсно високими показниками мобільності. Задачі, що вирішені в проекті спрямовані на узагальнення і виробку рекомендацій підвищення якості обслуговування абонентів на автомагістралях і можуть широко застосовуватись при прийнятті рішень в процесі експлуатації стільникових мереж.

В процесі роботи над проектом студенти самостійно запропонували методи аналізу і моделювання процесів в стільникових мережах, розробили власний програмний продукт для оцінки покриття в стільниках, що обслуговують автомагістралі. Рішення і рекомендації проекту науково обґрунтовані і базуються на використанні математичних моделей розповсюдження сигналу, методах статистичного аналізу і оцінок.

Вважаю, що представлені рішення і практичні рекомендації проекту повністю відповідають конкурсній меті проекту і можуть використовуватись в процесі експлуатації стільникових мереж.

Науковий керівник проекту  
від ДонНТУ  
доц. каф. АТ, к.т.н.



В.О. Попов



## ДОДАТОК Б

### Довідка щодо використання результатів розробки проекту ДонНТУ „Покращення якості обслуговування абонентів мобільного зв'язку на автомагістралях державного значення”



**ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ МОБІЛЬНИЙ ЗВ'ЯЗОК"**

01015, м. Київ, вул. Лейпцизька, 15  
тел.: +380442300257, факс: +380442300256

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_ р. № \_\_\_\_\_



Довідка

щодо використання результатів розробки проекту ДонНТУ “Покращення якості обслуговування абонентів мобільного зв'язку на автомагістралях державного значення”, виконаного в рамках програми „Професіонали майбутнього”

1. Програмний продукт, що розроблений в рамках проекту тестувався для оцінювання радіопокриття відповідної зони мережі.
2. Результати моделювання одержані за допомогою програми моделювання відповідають реальним характеристикам радіопокриття для зони, що досліджувалась.
3. Запропонований програмний продукт може бути використаний для оптимізації характеристик радіопокриття мобільних мереж.

Заступник директора  
Східного ТУ ЗАТ «УМЗ»  
з технічних питань

І.Л. Мисник