

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

**Методичні вказівки для виконання  
лабораторних робіт**

з дисципліни: **«Цифрові системи телерадіомовлення»**

Розробили викладачі  
кафедри МВТ  
Отрох С.І, Дакова Л.В.

Київ 2018

## **Зміст**

Вступ

Інтерфейс пакету "**Radio Planning System**"

**Лабораторна робота №1** "Частотно-територіальне планування мережі стільникового зв'язку GSM-900 "

**Лабораторна робота №2** "Частотно-територіальне планування мережі стільникового зв'язку: електромагнітна сумісність і втрати при розповсюдженні"

## Вступ

Методичні вказівки розроблені з метою освоєння студентами принципів частотно-територіального планування мереж рухомого зв'язку (МРЗ) за допомогою програмного продукту RPS (Radio Planning System). Перед виконанням певних дій представлені відповідні основні теоретичні положення. Методичні вказівки допоможуть студенту у вивченні практичного матеріалу і придбання навичок вирішення конкретних практичних завдань.

Програмний пакет RPS є середовищем, який дозволяє отримувати наближений розрахунок параметрів, а також моделювання і розробку різних систем і мереж мобільного зв'язку.

Для роботи програмного середовища необхідний комп'ютер з процесором Pentium II і вище, операційна система Windows 98,XP.

Ефективність використання пакета RPS визначається:

- досить простим інтерфейсом користувача;
- кількістю моделей функціональних блоків (зокрема, елементів систем зв'язку);
- можливістю розміщувати елементи мережі зв'язку, а також редагувати карту місцевості;
- різноманітністю видів функціональних елементів систем рухомого зв'язку.

## ІНТЕРФЕЙС ПАКЕТУ "Radio Planning System"

### 1.Можливості пакету RPS:

Програмний пакет RPS дозволяє проводити частотно-територіальне планування і виконувати всі необхідні розрахунки для оцінки якості зв'язку та зон обслуговування радіомережі на основі реальних даних про рельєф місцевості.

### Функції RPS:

- Розміщення базових станцій з прив'язкою за географічними координатами або за місцем на цифровий електронній карті;

- Розміщення перешкод (не відображені на цифровій карті) з прив'язкою за географічними координатами або за місцем на цифровій електронній карті;
- Редагування карти місцевості шляхом завдання додаткових висот для окремих типів місцевості (ліс, міські квартали) ;
- Завдання і редагування карти трафіка на розглянутій території;
- Підтримка локальних баз даних обладнання: антен, діаграм спрямованості, приймачів;
- Відображення профілю місцевості між двома обраними точками;
- Визначення та відображення точок прямої видимості в заданій околиці базової станції;
- Розрахунок і відображення рівня прийнятого сигналу в заданій околиці і базової станції;
- Завдання коефіцієнтів, коректуючих їх втрати поширення, для окремих типів місцевості;
- Вивод результатів розрахунків на друкувальний пристрій;
- Перетворення електронних карт з форматів MAPINFO і PLANET у внутрішній формат RPS;

Для стільникових мереж RPS дозволяє провести:

- Розрахунок максимального рівня прийнятого сигналу від кількох базових станцій;
- Розрахунок зон обслуговування для декількох базових станцій;
- Оцінку потужності передавача абонента, необхідної для зв'язку з базовою станцією;
- Розрахунок відношення сигнал / перешкода в зазначеній галузі;
- Розрахунок зон перекриття сигналу від базових станцій;
- Оцінку завантаженості базових станцій;
- Розрахунок максимального рівня прийнятого сигналу уздовж вибраного маршруту;
- Статистичний аналіз і відображення результатів вимірювання прийнятого сигналу;
- Порівняння результатів розрахунку рівня прийнятого сигналу уздовж обраного маршруту з реальним і вимірами;

## **2. Моделювання систем зв'язку в RPS:**

### **Порядок роботи з RPS:**

- Задати загальні параметри для нового проекту, імена робочих каталогів і вибрати тип першої мережі проекту;
- Відкрити новий проект. При цьому створюється опис першої «порожньої» мережі;
- Встановити параметри мережі, вибравши радіостандарт або задавши власний набір мережевих параметрів;
- Налаштувати параметри, що описують властивості різних типів місцевості: висоту, коефіцієнти, коригувальні втрати поширення, розподіл трафіку;
- Здійснити планування мережі зв'язку. В ході цієї операції на цифровій карті розміщуються базові станції і вибираються їх параметри. У радіорелейних мережах встановлюються зв'язки між станціями (формується радіолінія). При необхідності в бази даних обладнання додаються нові елементи;
- Виконати необхідні розрахунки і роздрукувати (або зберегти) результати. У розрахунках до уваги приймаються лише об'єкти, визначені в даній мережі;
- В рамках одного проекту можна сформувати кілька мереж різних типів. Однак у даній версії наявність інших мереж не враховується в розрахунках, тобто мережі незалежні один від одного;

*Примітка:* Перш ніж почати роботу з RPS, необхідно підготувати цифрову карту району і сформувати бази даних обладнання.

### **Створення проекту в RPS:**

Проект RPS включає в себе всю інформацію, пов'язану з плануванням радіомереж в деякому регіоні (робочої області), який визначається цифровою картою місцевості. Для одного регіону може бути створено кілька проектів, але в одному проекті можна об'єднати кілька регіонів, які визначаються різними цифровими картами.

Проект зберігається на диску в текстовому файлі з розширенням ".pro".

До складу проекту входять наступні компоненти:

- ім'я каталогу з цифровою картою регіону;
- ім'я каталогу з базами даних обладнання;
- ім'я робочого каталогу, в якому зберігаються результати розрахунків;
- загальні параметри, що відносяться до всього регіону;

- опис мереж, розміщених у даному регіоні;
- перелік базових станцій і їх параметрів для кожної мережі;
- перелік радіоліній для радіорелейних мереж;
- інформація про виконані розрахунки;
- перелік додаткових перешкод, коригуючих цифрову карту, і їх параметри;
- характеристики типів місцевості, що враховуються в розрахунках;
- атрибути об'єктів, що відображаються на екрані.

Розвиток проекту передбачає розміщення нових об'єктів (мереж, станцій, радіоліній і зміна параметрів і видалення раніше створених об'єктів. Результати розрахунків, що вимагають більших витрат часу, зберігаються на диску, інформація про них зберігається в проекті і використовується для відображення результатів без проведення повторних розрахунків. Бази даних обладнання можуть розширюватися і редагуватися незалежно від проекту і використовуватися в декількох проектах одночасно. Слід враховувати, що зміна параметрів обладнання в базі даних позначиться на результатах розрахунків у всіх проектах, що посилаються на цю базу даних.

### **Інтерфейс RPS:**

#### **Головне вікно:**

У RPS головне вікно використовується для відображення карти місцевості і розміщення об'єктів (станцій, радіоліній, маршрутів, перешкод і т. П.).

Головне вікно можна переміщати для відображення різних ділянок цифрової карти регіону. У головному вікні виконуються операції масштабування карти. При переміщенні покажчика миші і в рядку стану в нижній частині головного вікна відображаються географічні координати поточної точки і висота точки над рівнем моря.

#### **Допоміжні вікна:**

Допоміжні (дочірні) вікна використовуються для виведення результатів розрахунків. Дочірні вікна можуть бути переміщені в будь-яке місце в межах головного вікна і можуть бути «згорнуті» в піктограму. Вміст допоміжного вікна може бути надруковано. Вміст текстових вікон може бути збережено в файлі.

#### **Дії з мишею:**

За допомогою миші в RPS виконуються наступні дії:

- вибір команд з головного меню;
- вибір місця при створенні нових об'єктів;
- доступ до об'єктів, відображеним на екрані, для редагування їх параметрів;
- вибір точок для побудови профілю місцевості;
- завдання прямокутних областей для розрахунків і друку.

Ліва кнопка миші використовується для вибору команд з меню і доступу до об'єктів. Права кнопка миші і використовується виведення на екран контекстних спливаючих меню, що містять набір команд, що залежить від режиму роботи і типу об'єкта, над яким натиснута права кнопка миші.

Залежно від режиму роботи курсор миші і може приймати одну з наступних форм:



- звичайний вид курсору в режимі вибору / створення об'єктів;



- курсор знаходиться над об'єктом в режимі вибору об'єктів;



- вид курсору в режимі масштабування карти;



- курсор знаходиться над об'єктом в режимі переміщення об'єктів;



- вид курсора в режимі вибору ліній і прямокутних областей.

### **Головне меню:**

У RPS використовується ієрархічна система меню. Для вибору дії або переходу до наступного рівня меню слід помістити покажчик миші над відповідним пунктом меню і натиснути ліву кнопку миші. Для повернення на попередній рівень меню слід натиснути на клавішу «Esc». Нижче наведено перелік пунктів головного меню.

**Проект** - операції з проектом (відкрити, створити новий проект, зберегти, закрити, налаштувати загальні параметри проекту, налаштувати параметри друку, завершити роботу RPS);

**Мережа** - створення нової мережі в поточному проекті, перемикання між мережами, редагування загальних параметрів мережі;

**Редагувати** - редагування параметрів об'єктів поточної мережі;

**Перегляд** - вибір виду відображення карти місцевості, вибір масштабу карти, включення (виключення) відображення результатів розрахунків;

**Виконати** - виконання розрахунків;

**Утиліти** - налаштування загальних параметрів відображення об'єктів;

**Обладнання** - доступ до баз даних обладнання;

**Вікна** - стандартне меню Windows для управління дочірніми вікнами;

**Допомога** - виклик довідкової підсистеми RPS.

### **Панель інструментів**

Лінійка інструментів розташована під головним меню і містить піктограми для перемикання режимів роботи і виконання часто використовуваних команд. Нижче наведено список піктограм і відповідні їм команди меню.



- Створити новий проект



- Відкрити існуючий проект



- Зберегти проект



- Встановити режим створення/редагування











- Встановити режим переміщення об'єктів



- Встановити режим масштабування карти



-  - Встановити режим вибору прямокутної області
-  - Встановити режим вибору лінії для побудови профілю
-  - Встановити режим вибору маршруту
-  - Вивід повної карти регіону
-  - Зсув головного вікна
-  - Налаштування параметрів карти
-  - Параметри карти
-  - Налаштування параметрів об'єктів

### **Використання цифрових карт:**

З кожним проектом RPS повинна бути пов'язана цифрова карта місцевості, в якій проводиться моделювання. Ім'я каталогу, в якому розміщується, задається при створенні нового проекту. В ході роботи карта місцевості використовується для розміщення об'єктів (станцій, радіоліній) і відображення результатів розрахунків.

Цифрова карта включає в себе три складових: растрові, векторні і текстові дані. Растрові дані містять інформацію про висоту і тип місцевості для кожної точки місцевості. Ця інформація використовується в усіх розрахунках і є обов'язковою. Векторні і текстові дані описують допоміжні об'єкти, такі як дороги, річки, назви населених пунктів. Векторні і текстові об'єкти використовуються тільки при відображенні карти і не є обов'язковими.

У RPS реалізовані три базові форми представлення растрової інформації:

- Карта типів місцевості. Кольором виділяються різні типи місцевості.
- Карта відносних висот. Висота місцевості виділяється відтінком сірого кольору, високим точкам відповідає більш світлий відтінок.
- Карта рельєфу.

На будь-який з перерахованих видів карт можна додатково накласти лінії рівня, векторні і текстові об'єкти.

### **Робота з базами даних RPS:**

У RPS підтримуються наступні бази даних обладнання:

- база даних антен з діаграмами спрямованості (antena.sdb);
- база даних прийомопередавачів (trxdata.sdb);
- база даних хвилеводів (wgdata.sdb);

Параметри обладнання, що міститься базах даних, використовуються для ініціалізації параметрів станцій. При створенні нової станції вказується тип антени, приймача і хвилеводу. RPS вибирає параметри зазначених пристроїв з бази даних і копіює їх в набір параметрів станції. Деякі параметри можуть бути уточнені для конкретної станції. Бази даних повинні розміщуватися в одному каталозі, шлях до якого вказується при створенні проекту. Про дні і ті ж бази даних обладнання можуть використовуватися в різних проектах.

## Лабораторна робота №1

“Частотно-територіальне планування мережі стільникового зв’язку **GSM -900**“

**Ціль роботи:** придбання навичок роботи з цифровою картою місцевості; виконання розрахунків, необхідних для оцінки якості зв’язку та зон обслуговування радіомережі на основі реальних даних про рельєф місцевості.

### Попередні настройки :

1. Задати параметри мережі: **Cellular**, радіостандарт - **GSM**.
2. Вибрати місце розташування базових станцій (БС): натиснувши ліву кнопку миші, вибрати «**Нове місце**».
3. Задати параметри БС: ім’я - **BS#1**, число секторів - 1, антена - **OMNI**, висота антени - (таблиця **1.1**), поляризація - горизонтальна, приймач - (таблиця **1.1**), фідери - **default**.

Координати БС (зазвичай задані по **Замовчуванням**):

**BS#1:** довгота E 82-50-10.94, широта N 55-3-55.36

**BS# 2:** довгота E 82-47-55.15, широта N 54-55-52.34

**BS#3:** довгота E 83-3-9.96, широта N 54-59-20.30

4. Задати параметри абонента: антена **OMNI**, поляризація - горизонтальна (**Редагувати - Абонент**).

5. Аналіз рельєфа місцевості: оцінити втрати при розповсюдженні до найбільш віддаленої точки стільника (**Перегляд - Вибір лінії** - провести лінію від **BS#3** до будь-якої точки на відстані **35** км від **BS#3** та натиснути ліву кнопку миші).

Координати позицій, віддалених на **35** км (максимальний радіус стільника для **GSM**):

**Абонент#1** довгота E 83-28-39.42, широта N 55-10-58.01

**Абонент#2** довгота E 83-23-39.25, широта N 54-44-40.13

6. Для виявлення зони наявності (відсутності) зв'язку для трьох заданих БС потрібно виділити три БС з допомогою прямокутника (**Перегляд - Вибір прямокутника**) і потім правою кнопкою миші вибрати режим "**Виявлення зони наявності (відсутності) зв'язку**"

7. Для розрахунку числа каналів БС навести покажчик миші на ділянку між трьома БС і, натиснувши праву клавішу, вибрати «**Розрахунок числа каналів БС**».

### Завдання на лабораторну роботу

1. Визначити рівень сигналу (Траса: **Сектор#1** Пр.сигнал, дБм) в двох різних місцях (**Абонент#1, Абонент#2**), що знаходяться на відстані **35** км від **BS#3**, і порівняти його з чутливістю приймача абонента (-**100** дБм), дати рекомендації щодо вибору (заміни) приймачів БС.

2. Виконати розрахунок по п. 1 при наявності перешкоди у вигляді гори (**mountain**) висотою **450** м., довжиною та шириною **1000** м. Проаналізувати рельєф місцевості (Траса: **Сектор#1**, Пр.сигнал, дБм). Для створення перешкоди натиснути ліву клавішу миші і вибрати «**Нова перешкода**».

3. Провести допоміжні розрахунки втрат при поширенні на відстань **35** км. Для різних типів місцевості (*село, передмістя, місто*) (**Програми - Допоміжні розрахунки - COST 231 Neta**). Параметри: висота передавальної антени (таблиця **1.1**), відстань **35** км.

**Таблиця 1.1**

Обладнання	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
Приймач	BS	TRX CV	ND950	BS
Висота передавальної антени, м	30	35	40	50

4. Визначити зони наявності (відсутності) зв'язку для трьох заданих БС.

5. Провести розрахунок числа каналів базової станції (таблиця **1.2**),

Таблиця 1.2

Параметри системи	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
Питома навантаження від одного абонента, Ерл	0.04	0.03	0.05	0.025
Імовірність встановлення з'єднання	0.98	0.96	0.97	0.99
З'єднання	Бс з макс. сигналом	БС з макс. сигналом	Рівно-вірогідне	Рівно-вірогідне
Закон розподілу абонентів	Ррівномірний	Нормальний	Нормальний	Рівномірний

Формула для розрахунку числа каналів: Ерланга В.

### Зміст звіту

1. Титульний лист с назвою лабораторної роботи, номером варіанту, прізвищами студентів та групи.
2. Ціль роботи і завдання на лабораторну роботу.
3. Результати розрахунків, отримані в пп. 1-5 завдання на лабораторну роботу.
4. Цифрова карта місцевості з розміщеними на ній БС , перешкодами і абонентами.
5. Висновок за отриманими даними розрахунків.

### Контрольні питання

1. Яка модель використовувалася при розрахунку втрат потужності сигналу на трасі розповсюдження?
2. Яка особливість антен типу OMNI?

3. Яка максимальна відстань, при якому ще має місце впевнений прийом сигналу в стандарті **GSM -900**?
4. Які типи перешкод на трасі викликають найбільші втрати потужності сигналу?
5. Які параметри входять в модель Окамури?
6. Дайте визначення зони Френеля.
7. Назвіть основні методи рознесення при рознесеному прийомі.
8. Дайте визначення дифракції радіохвиль.
9. В чому полягає ефект Фарадея?

## Лабораторна робота №2

**Частотно-територіальне** планування мережі стільникового зв'язку: електромагнітна сумісність та втрати при поширенні.

**Ціль роботи:** розміщення базових станцій на цифровій карті місцевості; виконання розрахунків, необхідних для оцінки електромагнітної сумісності (ЕМС); розрахунок втрат в атмосфері і на деревах.

Попередні настройки:

Координати БС (задані за замовчуванням):

**BS#1:** довгота E 82-56-39.26, широта N 55-6-44.42

**BS#2:** довгота E 82-41-45.88, широта N 54-50-18.24

**BS#3:** довгота E 83-14-7.49, широта N 54-50-51.19

**BS#4:** довгота E 83-29-24.68, широта N 55-7-24.6

**BS#5:** довгота E 83-11-32.63, широта N 55-23-44.14

**BS#6:** довгота E 82-38-59.12, широта N 55-22-37.25

**BS#7:** довгота E 82-23-53.83, широта N 55-6-4.17

### Завдання на лабораторну роботу

1. Провести розрахунок електромагнітної сумісності для моделі у вигляді Трьохелементного кластера мережі **GSM** (проект **Cellular\_2**).

**Мережа - Параметри - Число частотних груп: 3**

2. Зробити розрахунок електромагнітної сумісності для моделі у вигляді кластера мережі **GSM**(проект **Cellular\_2\_4gr\_f**). **Мережа**

**- Параметри - Число частотних груп: 4**

(**BS#1** - частотна група **1**, **BS#2**, **BS#5** - частотна група **2**, **BS#3**, **BS#6** - частотна група **3**, **BS#4**, **BS#7** - частотна група **4**).

3. Зробити розрахунок електромагнітної сумісності для моделі повторного використання частот в трисекторна сотах мережі **GSM**

(проект Cellular\_2\_3d). Мережа - Параметри - Число частотних груп: 9

4. Провести допоміжні розрахунки (Допоміжні розрахунки):

1) втрати в атмосфері на відповідних частотах (табл. 2.1) при заданій відстані та вологості  $10 \text{ г/м}^3$ ;

Таблиця 2.1

Номер варіанту	Відстань, км	Частоти, МГц
1	5	450 900 1900 2400 5200
2	10	
3	20	
4	35	

2) втрати в атмосфері для відповідних відстаней (табл. 2.2) при заданій частоті і вологості  $10 \text{ г/м}^3$ ;

Таблиця 2.2

Номер варіанту	Частота, МГц	Відстань, км
1	450	5 10 20 35 50
2	900	
3	1900	
4	5200	

3) втрати на деревах для різних висот дерев на відповідних частотах (табл. 2.3);

Таблиця 2.3

Номер варіанту	Частота, МГц	Висота дерев, м
1	450	



<b>2</b>	<b>900</b>	<b>2 5 10 20 30</b>
<b>3</b>	<b>1900</b>	
<b>4</b>	<b>5200</b>	

4) втрати в атмосфері на відповідних частотах (табл. 2.4) при заданій висоті дерев;

**Таблиця 2.4**

<b>Номер варіанту</b>	<b>Висота дерев, м</b>	<b>Частоти, МГц</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>450 900 1900 2400 5200</b>
<b>2</b>	<b>5</b>	
<b>3</b>	<b>10</b>	
<b>4</b>	<b>20</b>	

По кожному з чотирьох пунктів допоміжних розрахунків побудувати графік залежності втрат (дБ) від відповідного змінного параметра (змінний параметр, наприклад, п. 1 - частота (МГц), відкладається по осі абсцис).

### **Зміст звіту**

1. Титульний лист с назв. лабораторної роботи, номером варіанту, прізвищами студентів та групи.
2. Ціль роботи і завдання на лабораторну роботу.
3. Результати розрахунків, отримані в пп. 1-4 завдання на лабораторну роботу.

4. Цифрова карта місцевості з розміщеними на ній БС.
5. Висновок за отриманими даними розрахунків.

### Контрольні запитання

1. Для яких систем зв'язку (наземних або супутникових) поглинання потужності сигналу в атмосфері є найбільш істотним фактором?
2. Які характеристики дерев найбільш суттєво впливають на загасання сигналу?
3. Дайте визначення електромагнітної сумісності.
4. Дайте визначення поняття «**кластер сот**». У чому переваги і недоліки кластеризації сот?
5. З якою метою виконується секторизація стільника?
6. На яких частотах працюють радіорелейні лінії зв'язку, і які чинники найбільшою мірою впливають на стійкість їх функціонування?
7. Який фактор є найбільш несприятливим чинником, що викликає втрати потужності сигналу в атмосфері на частотах понад **1 ГГц**?
8. Дайте класифікацію основних типів перешкод в системах рухомого зв'язку.
9. Якого типу перешкоди найбільш істотно погіршують зв'язок в діапазоні **800 ... 900 МГц**, і що є їх джерелом?