

УДК 621.396

Г.А. Зміївський, В.М. Краснокутський, М.М. Колодєєв

Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків

## АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЗОН РАДІОПОКРИТТЯ СИСТЕМ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ПРИ ЇХ ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПОВСЯКДЕННОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ВІЙСЬК (СИЛ)

*Наведені результати теоретичних досліджень щодо вибору моделей і методів розрахунку зон радіопокриття при проектуванні мереж мобільного зв'язку для забезпечення управління повсякденною діяльністю військ (сил).*

*мобільний зв'язок, розрахунок зон, рівень втрат, радіопокриття*

### Вступ

**Постановка проблеми.** Однією з найважливіших проблем організації військового мобільного зв'язку є проектування мереж, яке передбачає вирішення великого комплексу організаційно-технічних задач, серед яких важливе місце займає розробка методик розрахунку зон радіопокриття системами мобільного зв'язку територій, для забезпечення управління повсякденною діяльністю військ.

Вважаючи на те, що відсутні методики оцінки зон радіодоступу території, їх дослідження у військах, відсутність єдиного підходу до проектування мереж, військово-наукове дослідження щодо вибору моделей і методів розрахунку зон радіопокриття при проектуванні мереж мобільного зв'язку для забезпечення управління повсякденною діяльністю військ (сил) є актуальним.

**Аналіз літератури.** Сучасні принципи організації радіозв'язку і технічне оснащення підрозділів зв'язку Збройних Сил України радіозасобами описані в [1].

Напрямки розвитку системи зв'язку і автоматизації управління військами та військ зв'язку Збройних Сил України на період до 2011 року надані в літературі [2].

Принципи розгортання транкінгових систем, які є одним із пріоритетів розвитку системи зв'язку і автоматизації Збройних Сил України, описані в [3].

В [4 – 6] приведено достатню кількість математичних моделей і методів розрахунку зон радіопокриття систем мобільного зв'язку цивільного призначення.

В пропонуємі літературі не має аналізу моделей і методів розрахунку зон радіопокриття систем мобільного зв'язку при їх використанні для забезпечення управління повсякденною діяльністю військ (сил).

**Мета статті.** Аналіз основних математичних моделей оцінки електромагнітної обстановки для розрахунку середніх втрат потужності на трасі поширення сигналу і зон радіопокриття території, яка обслуговується, для забезпечення управління повсякденною діяльністю військ (сил)

### Результати досліджень

Основним методом розв'язання цієї задачі є процес втілення нових безпроводових інформаційних технологій, тобто розробки нових підходів до створення системи мобільного радіозв'язку повсякденної діяльності, яка відповідає б вимогам сьогодення. В загальному випадку при плануванні мереж мобільного радіозв'язку і розрахунку радіополя в системах рухомого радіозв'язку характеристики систем при роботі по радіоканалу оцінюють, замінюючи реальне середовище поширення радіосигналу деякою адекватною моделлю. При цьому використовуються, як правило, детерміністські і статистичні підходи, які дозволяють визначити медіанне значення сигналу в умовах статистично однорідного міста і врахувати локальні особливості окремих міських районів, приміської зони і відкритої місцевості [4].

Задача частотно-територіального планування мереж мобільного радіозв'язку вирішується на основі прогнозування зон обслуговування і взаємних завад радіозасобів мережі. При цьому з метою зменшення просторової невизначеності використовуються не місцеположення рухомих об'єктів, а елементи просторового розрішення (ЕПР) зон покриття мережі, які називаються по термінології У.К. Джейкса "глобальними і локальними зонами переміщення об'єктів".

Типова модель радіоканалу мобільного радіозв'язку містить в собі відносно високо підняту нерухому антену базової станції і абонентської станції, що рухається з низько розміщеною антеною. Середовище поширення радіосигналу (наприклад, міська забудова) містить множину перешкод на прямій, яка з'єднує антену базової станції з антеною абонента. Відповідно, існує тільки відносно коротка ділянка поширення по прямій видимості і множина трас проходження радіосигналу з перевідбиттям. В багатьох випадках існує більше одного шляху поширення радіохвиль, і ця ситуація називається багатопроменевим поширенням.

Повністю детерміністський метод розрахунку поля вкрай затруднений не тільки через дуже великий обсяг розрахунків, але й через неможливість, навіть в наближенні до фізичної оптики або геометричної теорії дифракції, априорно задати з достатньою точністю деякі коефіцієнти відбиття від усіх типів будівель, які зустрічаються в міській забудові, з урахуванням неоднорідності поверхні стін і складної конфігурації.

Відомі статистичні методи дають достатньо надійну інформацію про середнє значення поля, по крайній мірі, для статистично однорідного міста. Ці методи дозволяють знайти як зони потенційно впевненого прийому, так і зони, що займають достатньо великі території, в яких якість зв'язку не гарантується.

Враховуючи великий розмах території, що обслуговується мобільним зв'язком при забезпеченні управління повсякденною діяльністю військ (сил) і відсутність вищевказаної інформації, для розрахунку зон радіопокриття системи мобільного зв'язку найбільш доцільно використовувати саме статистичні методи. Процес оцінки зони обслуговування при використанні статистичних методів складається з декількох етапів [5].

На першому етапі визначається потужність сигналу, який випромінюється в ефір. На другому – середня потужність сигналу на приймальній антені, при якій забезпечується задана чутливість приймача. По результатам цих етапів визначається допустимий рівень втрат на трасі поширення радіосигналу. На третьому етапі вибирається модель розрахунку втрат на трасі поширення сигналу, і на її основі будується залежність втрат від відстані. По даному графіку визначається середня дальність радіозв'язку з урахуванням запасу на забезпеченість зв'язком за місцем і часом. Визначення випромінюємої потужності сигналу проводиться за формулою:

$$P_{\text{випр.}} = P_s + G_a + V_c \text{ (дБ)},$$

де  $P_s$  – потужність передавача;  $G_a$  – коефіцієнт підсилення антени;  $V_c$  – коефіцієнт передачі фідера і других кіл між передавачем і антеною.

Необхідна потужність сигналу на приймальній антені визначається по формулі:

$$P_a = P_{\text{пр.}} + G_{\text{па}} + V_{\text{пс}} + \Delta c \text{ (дБ)};$$

де  $P_{\text{пр.}}$  – чутливість приймача;  $G_{\text{па}}$  – коефіцієнт підсилення приймальної антени;  $V_{\text{пс}}$  – коефіцієнт передачі фідера;  $\Delta c$  – коефіцієнт забезпеченості зв'язком за місцем і часом. Даний коефіцієнт вносить поправку для забезпечення з заданою вірогідністю перевищення потужності сигналу на вході антени відносно середнього значення. Значення коефіцієнта визначається багатьма факторами, в тому числі характером поширення радіохвиль, щільністю забудови території, вимагаємої забезпеченості зв'язком, і при  $\Delta c = 0$  дБ потужність сигналу на вході приймача буде перевищувати заданий рівень у 50% випадків, при  $\Delta c = 10$  дБ – в 90%.

Допустимий рівень втрат на трасі поширення радіосигналу визначається за формулою:

$$L_d = P_{\text{випр.}} - P_a \text{ (дБ)}.$$

Оскільки, як правило, енергетичний потенціал зверху вниз (від базової станції до рухомих абонентів) вище, ніж у зворотному напрямку, то визначення  $L_d$  проводиться для напрямків рухомий абонент – базова станція при динамічних умовах поширення сигналу.

Існує достатня кількість математичних моделей і методів, як правило, емпіричних котрі дозволяють проводити розрахунок основних втрат при поширенні сигналу для різних умов поширення. Серед цих моделей, котрі найшли широке застосування на практиці, слідє виділити моделі прогнозування втрат Альсбрука – Парсона, Окамури – Хати, Уолфіша – Ікегами, Лі, Кся – Бертоні, Енглі, Бломквіста – Ладелла і ряд других.

Для розрахунку втрат на трасі в зоні обслуговування виконання завдань повсякденної діяльності військ (сил) найбільш доцільно використовувати модель Окамури – Хати, яка отримала найбільш широке розповсюдження і використовується для розрахунків в діапазонах 150, 450 і 900 мГц, як мікросотових, так і макросотових систем. Вона є статистичною моделлю розрахунку втрат на трасі поширення радіохвиль, основана на аналітичній апроксимації практичних вимірювань. Як показано в [4], серед багаточисельних експериментальних досліджень, пов'язаних з прогнозом поширення радіохвиль для мобільних систем, дослідження Окамури-Хати вважаються найбільш вичерпними і рекомендуються для проведення розрахунків Міжнародною спілкою електрозв'язку.

В рамках цієї моделі втрати  $L$  для випадку квазіплоского міста розраховуються наступним чином:

$$L = 66,55 + 26,16Lgf - 13,82Lgh_{6c} + k(44,9 - 6,55Lgh_{6c})LgR - a(h_m),$$

де  $h_{6c}$  – ефективна висота установки антени базової станції в діапазоні 30 – 200 м (30 м – висота щоглового пристрою "Сосна");  $R$  – відстань від базової до мобільної станції;  $f$  – частота випромінювання базової станції, мГц;  $k$  – поправочний коефіцієнт, який враховує протяжність траси;  $a(h_m)$  – поправочний коефіцієнт, який залежить від висоти мобільної антени і для великого міста при  $f > 400$  мГц визначається як

$$a(h_m) = 3,2(Lg11,75h_m)^2 - 4,97.$$

Поправочний коефіцієнт  $k$  дозволяє розширити дію моделі для протяжної траси і визначається:

$$k = 1 \text{ при } R < 20 \text{ км};$$

$k = 1 + (0,14 + 1,87 \cdot 10^{-4} f + 1,07 \cdot 10^{-3} h_{6c})(Lg(R/10))^{0,8}$   
при  $20 \text{ км} < R < 100 \text{ км}$ .

Коефіцієнт втрат передачі для передмістя (сільської місцевості) визначається таким чином:

$$L_{\text{пм}} = L - 2(Lg(f/28))^2 - 5,4.$$

Коефіцієнт втрат на відкритій місцевості визначається таким чином :

$$L_0 = L - 4,78(Lgf)^2 + 18,33 Lgf - 40,94.$$

На основі результатів розрахунків коефіцієнтів втрат  $L$ ,  $L_{\text{пл}}$ ,  $L_0$  будуються графіки залежності даних коефіцієнтів від дальності зв'язку.

Використовуючи графіки, визначають середні дальності радіозв'язку з урахуванням запасу на забезпеченість зв'язком за місцем і часом для міської, приміської (сільської) і відкритої місцевості при отриманих раніше результатах. Процент забезпеченості зв'язком забезпечується на межі зони обслуговування, в середині області обслуговування забезпеченість буде складати 75% і 90% відповідно.

Якщо, наприклад, в зоні обслуговування системи розташовані два великих міста, то максимальний радіус сайтів, які обслуговують цю територію, буде відповідати результатам, що отримані при розрахунках дальності зв'язку в умовах міста, решти сайтів – умовам передмістя і для напрямку автомобільна станція – базова станція, оскільки за межі пунктів постійної дислокації командири переміщуються на службових автомобілях.

### Висновок

1. Аналіз математичних моделей показав, що при виборі моделей і методів розрахунку зон радіопокриття при проектуванні мереж мобільного зв'язку для забезпечення управління повсякденною діяльністю військ (сил) доцільно використовувати статистичні методи.

2. Проведений аналіз показує, що радіуси сайтів зони обслуговування території, при проектуванні мереж мобільного зв'язку для забезпечення управ-

ління повсякденною діяльністю військ (сил), найбільш доцільно визначати відповідно до приведеної статистичної моделі розрахунку коефіцієнтів втрат Окамури – Хати.

3. Процент забезпеченості зв'язком, відповідно до приведеної статистичної моделі розрахунку коефіцієнтів втрат Окамури – Хати., забезпечується на межі зони обслуговування, в середині області обслуговування забезпеченість буде складати 75% і 90% відповідно.

### Список літератури

1. Рудик В. В. *Актуальні проблеми та напрями розвитку системи зв'язку Збройних Сил України як складової частини системи управління військами (силами) // Наука і оборона.* – 2005. – № 2. – С. 22-28.

2. Рудик В.В. *Напрямки розвитку системи зв'язку і автоматизації управління військами та військ зв'язку Збройних Сил України на період до 2011 року // Інформаційний збірник по зв'язку.* – 2005. – № 4. – С. 14-22.

3. Соколов А. В., Андрианов В. И. *Альтернатива сотовой связи: транкинговые системы.* – СПб. БХВ – Санкт-Петербург, 2002. – 448 с.

4. Закиров З.Г., Надев А.Ф., Файзуллин Р.Р. *Сотовая связь стандарта GSM. Современное состояние, переход к сетям третьего поколения.* – М.: Эко – Трендз, 2004. – 264 с.

5. Овчинников А. М., Воробьев С. В., Сергеев С. И. *Открытые стандарты цифровой транкинговой радиосвязи.* – М.: Связь и бизнес, 2000. – 166 с.

6. Мухин А.М., Чайников Л.С. *Системы связи подвижной службы.* – К.: Світ знань, 2001. – 355 с.

Надійшла до редколегії 19.12.2006

**Рецензент:** канд. техн. наук, доцент В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.