

УДК 621.869

І.Л. Костенко, А.В. Чернятьєв, Г.А. Зміївський

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КАНАЛЬНОЇ ЄМНОСТІ САЙТІВ ТА ЧАСТОТНОГО ПЛАНУВАННЯ СИСТЕМ ТРАНКІНГОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ПРИ ЇХ ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПОВСЯКДЕННОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ВІЙСЬК

*В статті запропонована методика розрахунку каналної ємності сайтів та частотного планування, котрі можуть стати основою при проектуванні військових мереж транкінгового зв'язку*

*канална ємність, частотне планування, кластер*

### Вступ

**Постановка проблеми.** Одним з пріоритетів розвитку системи зв'язку і автоматизації Збройних Сил України є впровадження для забезпечення управління повсякденною діяльністю військ (сил) систем транкінгового зв'язку [1, 2].

Найскладнішою проблемою організації транкінгового зв'язку є проектування мереж, яке передбачає вирішення великого комплексу організаційно-технічних задач, серед яких важливе місце займає розробка науково обґрунтованих методик розрахунку каналної ємності сайтів та частотного планування. Враховуючи те, що на теперішній час дані методики у військах відсутні, дослідження в цій області є актуальним.

**Аналіз літератури.** В науково-технічній літературі надані технічні характеристики та функціональні можливості базових стандартів і систем мобільного зв'язку, які можуть стати основою для створення мережі радіозв'язку управління повсякденною діяльністю військами.

В [1, 2] відображені напрямки розвитку системи зв'язку і автоматизації Збройних Сил України. В [3, 5] розглянуті методики розрахунку каналної ємності сайтів систем транкінгового зв'язку служб безпеки та інших відомчих структур, а в [6] – методика частотного планування мережі.

**Мета статті.** В даній статті запропонована методика розрахунку каналної ємності сайтів та частотного планування, котрі можуть стати основою при проектуванні військових мереж транкінгового зв'язку.

### Основний матеріал

Ефективність функціонування базових станцій визначає основні показники ефективності мережі транкінгового зв'язку в цілому. Тому для кожної базової станції необхідно визначити пропускну спроможність для забезпечення обслуговування заданої кількості абонентів з визначеною ймовірністю відмови, врахуванням характеру і специфіки самого інформаційного обміну.

При оцінках ємності систем мобільного зв'язку використовується модель Ерланга В (модель системи з відмовами).

Формула [3], яка визначає ймовірність блокування виклику в системі з відмовами, дещо громіздка для безпосередніх розрахунків:

$$P_B = A^N / N! / \sum_{n=0}^N (A^n / n!),$$

де  $N$  – число каналів;  $A$  – трафік.

На практиці, як правило, користуються табл. 1.

Таблиця 1

Модель Ерланга В

Кількість каналів	Ймовірність відмови				
	0,002	0,01	0,02	0,05	0,10
	Трафік ( Ерл. )				
1	0,002	0,01	0,02	0,05	0,11
2	0,07	0,15	0,22	0,38	0,60
5	0,90	1,36	1,66	2,22	2,88
10	3,4	4,5	5,1	6,2	7,5
20	10,1	12,0	13,2	15,2	17,6
30	17,6	20,3	21,9	24,8	28,1
40	25,6	29,0	31,0	34,6	38,8
50	33,9	37,9	40,3	44,5	49,6
100	77,5	84,1	88,0	95,2	104,1
150	122,9	131,6	136,8	146,7	159,1
200	169,2	179,7	186,2	198,5	214,3

Для розрахунку каналної ємності сайту необхідно в першу чергу розрахувати середній трафік (інтенсивність навантаження)  $A$ , який вимірюється в Ерлангах і визначається за формулою [3]:

$$A = \lambda \cdot T \cdot n,$$

де  $\lambda$  – середня частота надходження викликів в період найбільшого навантаження системи зв'язку, яка вимірюється числом викликів в одиницю часу – наприклад,  $\lambda$  викл. / год.;  $T$  – середня тривалість обслуговування одного виклику (середня тривалість розмови) в годинах;  $n$  – кількість радіоабонентів сайту.

Якщо, відповідно статистичному аналізу [4, 5] в час пік кожен абонент робить в середньому один виклик за годину і середня тривалість розмови складає 2 хв., або 1/30 год., то трафік одного абонента складає 1/30 (0,033) Ерл. Для прикладу припустимо, що базовою станцією авіаційного формування при виконанні завдань повсякденної діяльності обслуговується 360 радіоабонентів.

Таким чином, середній трафік одного сайту буде складати

$$A = 1 \cdot 1/30 \cdot 360 = 12 \text{ Ерл.}$$

Для зручності та точності визначення кількості каналів базової станції на основі табличних даних за допомогою ПЕОМ побудуємо графік залежності кількості каналів  $N$  від навантаження  $A$  при ймовірності відмови 0,01 (рис. 1).

У відповідності до графіку, для забезпечення ймовірності відмови 0,01, при інтенсивності навантаження (трафіку) 12 Ерл, базова станція повинна мати 20 каналів.

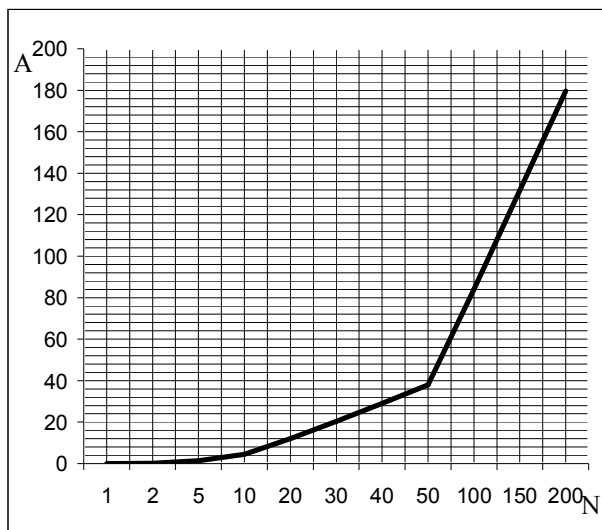


Рис. 1. Графік залежності  $N = f(A)$

Ймовірність відмови 0,01 вибрана з метою виключення перенавантаження і з урахуванням того, що кількість радіоабонентів в зоні обслуговування однієї базової станції може зростати в залежності від зміни обстановки.

Така ємність, розглядаємої нами системи транкінгового зв'язку, розрахована у відповідності з загальноприйнятим підходом для часу найбільшого навантаження.

Для створення мережі транкінгового зв'язку системи управління повсякденною діяльністю військ (сил) пропонується використовувати діапазон

UHF (450 мГц). Цей діапазон проявляє свої кращі якості в умовах щільної міської забудови. Навіть при використанні портативних радіостанцій забезпечується стійкий зв'язок з мінімальною кількістю мертвих зон. Він менше підвержений впливу завад.

При створенні багатозонових транкінгових систем виникає задача частотного планування [6], яке полягає у покритті території обслуговування шестикутними сайтами з урахуванням повторного використання частот. Ідея повторного використання частот полягає в тому, що в близьких один відносно до одного сайтах системи використовуються різні смуги частот, а через декілька сайтів ці смуги повторюються. Саме можливість повторного застосування частот визначає високу ефективність використання частотного ресурсу в транкінгових системах. Група з «С» найближчих сайтів, базові станції яких використовують різні частотні канали, називається кластером розмірності «С». Розмірність «С» часто називають частотним параметром.

Розмірність кластерів сучасних систем транкінгового зв'язку різна, але найчастіше використовуються розмірності 3, 4, 7, 9, 12 і 21.

Для прикладу частотного планування системи транкінгового зв'язку визначимо зону обслуговування яка складається з 8 сайтів і має конфігурацію, що відображена на рис. 2.

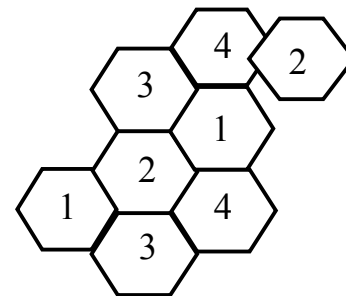


Рис. 2. Архітектура мережі транкінгового зв'язку

Для створення системи пропонується використовувати кластери з розмірністю 4, так як конфігурація територіального розміщення сайтів не дає змоги зпланувати кластер з більшою розмірністю.

Для визначення сайту з "повторними" базової станції № 1 (аналогічно і базової станції із будь-яким іншим номером) набором частотних каналів необхідно "пройти" перпендикулярно кожній стороні шестикутного сайту БС № 1 через один сайт і записати номер БС №1. Таку ж операцію необхідно провести і з базовими станціями з іншими доменами.

В транкінговій системах, як правило, використовується фіксований розподіл каналів, при якому за кожною базовою станцією, яка має антену з круговою діаграмою спрямованості, закріплюється визначений набір частотних каналів з номерами

$$n_k = K + iC \quad [18],$$

де  $K = 1 \dots C$  – номер базової станції,  $i = 0, 1, 2, 3 \dots$

Смуга частот, яка необхідна для організації системи визначається по формулі [ 6 ]:

$$F_{TC} = \Delta F_k \cdot n_k,$$

де  $\Delta F_k$  – смуга частотного каналу;  $n_k$  – кількість частотних каналів в кластері.

Так, для організації системи транкінгового зв'язку з конфігурацією, що відображена на рис. 2 на базі обладнання транкінгової системи Smart Sone ASTRO при канальній ємності сайту 24 частотних канали  $F_{TC} = 12,5 \cdot 96 = 1200$  кГц. Відповідно до технічних характеристик транкінгової системи Smart Sone ASTRO для організації системи пропонується смуга частот для передачі – 450 – 451,2 мГц, для прийому – 482 – 483,2 мГц.

### Висновки

Використовуючи запропоновану методику розрахунку канальної ємності сайтів можливо вирішити проблему необхідного числа радіочастотних каналів в залежності від трафіку при проектуванні військових мереж транкінгового зв'язку.

Розглянута методика частотного планування може бути використана при призначенні номіналів радіочастот і підвищує ефективність використання радіочастотного спектру при застосуванні систем

транкінгового зв'язку для забезпечення управління повсякденною діяльністю військ.

### 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. Талалаєв В.О., Стороженко О.В. *Світові тенденції розвитку телекомунікаційних мереж військового призначення* // Інформаційний збірник по зв'язку. – 2005. – № 4. – С. 79-88.
3. Ратынский М.В. *Основы сотовой связи*. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с.
4. Еришов В.А. *Анализ трафика в транкинговых сетях* // Труды форума МАС. – М. – 1996. – С. 42-48.
5. Еришов В.А., Кузнецов Н.А. *Пропускная способность транкинговых систем* // Труды форума МАС. – М. – 1996. – С. 15-22.
6. *Багатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології: Підручник для вузів / За ред. В.В. Поповського*. – Х.: "Компанія СМІТ", 2003. – 512 с.

Надійшла до редколегії 11.04.2007

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