

УДК 621.391

І.В. Борисов, І.В. Васюков, О.В. Волков

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”, Київ*

## МЕТОДИКА РОЗПОДІЛУ РЕЗЕРВУ МОБІЛЬНОГО КОМПОНЕНТУ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ

*Розроблена методика, яка дозволяє вирішувати задачу раціонального розподілу резерву мобільного компоненту системи зв'язку та автоматизації управління військами в умовах ресурсних обмежень.*

**Ключові слова:** резерв, вузол зв'язку, лінія зв'язку.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Одним із шляхів підтримання необхідної стійкості та пропускну спроможності інформаційного обміну в системі управління військами (силами) різних ланок управління є проведення комплексу заходів щодо відновлення елементів мобільного компоненту (МК) системи зв'язку та автоматизації управління військами (СЗАУВ), які були вражені (знищені) противником при веденні бойових дій.

Структурно-топологічні характеристики МК однозначно визначають стійкість та пропускну спроможність СЗАУВ в цілому.

Таким чином, від проведення своєчасних заходів з відновлення структури мобільного компоненту СЗАУВ у значній мірі залежить якість управління військами, а отже, і ефективність ведення бойових дій. Завдання відновлення структури мобільного компоненту є найбільш складним і важливим для досягнення цілей відновлення інформаційних напрямків і, насамперед, при значних руйнуваннях СЗАУВ та жорстких обмеженнях ресурсу військ зв'язку на відновлення.

Таким чином, для успішного проведення ефективного відновлення інформаційного обміну в системі управління військами (силами), ще на етапі планування МК СЗАУВ, необхідно вирішити задачу оптимального розподілу резерву мобільних засобів відновлення.

**Аналіз останніх публікацій.** Для вирішення питання відновлення структури мереж зв'язку найбільше застосування має метод статистичного моделювання [1, 2], суть якого у загальному вигляді полягає:

методом статистичних експериментів визначаються стани всіх елементів системи зв'язку та автоматизації;

вирішується задача відновлення зв'язності елементів системи зв'язку та автоматизації;

визначається кількість відновлених вузлів і ліній зв'язку з фіксацією окремо факту відновлення елементів мережі, що вийшли з ладу;

формується вихідна статистика (закони розподілу кількості відновлених вузлів і ліній зв'язку, умовні ймовірності відновлення окремих елементів); приймається рішення на основі інформації, отриманої під час розрахунків.

Проте даний метод не має достатньої гнучкості (щодо зміни вихідних даних), викликає значну складність у визначенні станів елементів МК СЗАУВ в умовах ведення бойових дій, а його реалізація вимагає великих часових витрат. При цьому, по суті, відпрацьовується тільки етап рішення задачі розподілу ресурсу засобів відновлення.

Таким чином, актуальною метою статті є розробка методичного апарату, що враховує:

особливості ведення сучасних бойових дій;

динаміку розвитку (зміни) структури МК СЗАУВ, переміщення абонентів мережі. Причому інтенсивність процесів відновлення структури мережі, у загальному випадку, повинна бути порівнянна з інтенсивністю її руйнування;

жорсткі обмеження військ зв'язку на ресурс відновлення МК СЗАУВ;

склад та структуру резерву сил та засобів зв'язку.

Таким чином, потрібно територіально розподілити наявний ресурс засобів відновлення МК СЗАУВ, щоб забезпечити можливість швидкого відновлення найважливіших її елементів у випадку виходу їх з ладу. Для вирішення цієї задачі необхідно розміщувати відновлювальний ресурс поблизу елементів МК СЗАУВ, що мають найбільший вклад в його стійкість [3].

### Основний матеріал

Структура МК СЗАУВ (рис. 1) описується графом  $G(V_k, U_{kl})$ , де  $V_k$  – множина опорних вузлів зв'язку (ОВЗ);  $U_{kl}$  – множина ліній зв'язку (ЛЗ), що об'єднують ОВЗ. Координати розміщення вузлів зв'язку пунктів управління (ВЗ ПУ) і ОВЗ задамо тримірними матрицями

$$K_{\text{ПУ}i} = [N_{\text{ПУ}}, x_{\text{ПУ}}, Y_{\text{ПУ}}] \text{ і } K_{\text{ОВЗ}i} = [N_{V_k}, x_{V_k}, Y_{V_k}],$$

де  $N_{ПУ}, x_{ПУ}, Y_{ПУ}, N_{V_k}, x_{V_k}, Y_{V_k}$  – номери та координати ВЗ ПУ і ОВЗ відповідно.

Множина інформаційних напрямків (ІН) в системі управління –  $\Omega_{ін}$ . Задане обмеження на припустимий час відновлення ОВЗ –  $T_{овз} \leq T_{овз, доп}$  та ліній зв'язку –  $T_{лз} \leq T_{лз, доп}$ . Наявний у розпорядженні ресурс засобів відновлення вузлів та ліній зв'язку МК СВЗ заданий відповідними векторами  $R^{B3} = \|r_{B3}\|$  і  $R^{L3} = \|r_{L3}\|$ , а координати його розміщення ресурсу задані матрицями

$$K_R^{B3} = [r_S^{B3}, x_S^{B3}, Y_S^{B3}] \text{ і } K_R^{L3} = [r_S^{L3}, x_S^{L3}, Y_S^{L3}],$$

де  $r_S^{B3}, r_S^{L3}$  – тип резерву військ зв'язку на розгортання ОВЗ та ліній зв'язку. Кожному елементу МК СЗАУВ відповідає величина статистично незалежних ймовірностей справного його стану в умовах зовнішніх впливів: відповідно ОВЗ –  $p(V_k)$  або  $p_k$ , ребра –  $p(U_{kl})$  або  $p_{kl}$ .

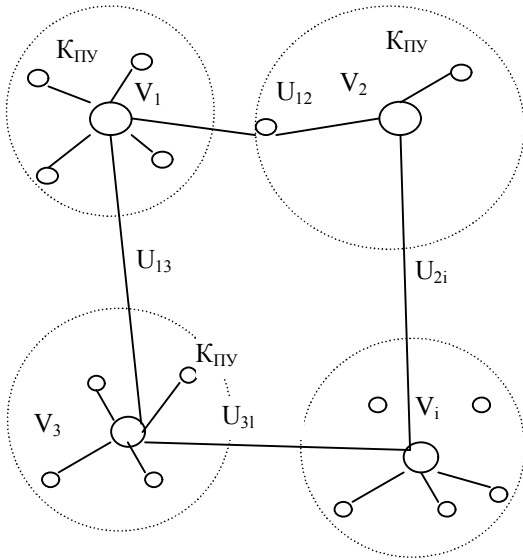


Рис. 1. Структура МК СЗАУВ

Методика розподілу ресурсу засобів відновлення МК СВЗ складається з двох етапів:

здійснення ранжирування і вибір найважливіших елементів МК;

вибір району розміщення резерву засобів зв'язку для відновлення вибраних найважливіших елементів МК.

**Еман 1.** Ранжирування та вибір найважливіших елементів МК СЗАУВ.

1.1. З множини інформаційних напрямків (ІН)  $\Omega_{ін}$  виділяється підмножина найважливіших ІН  $\Omega_{ін}^B \oplus \Omega_{ін}$  (за коефіцієнтом важливості  $\alpha_{ij}$  ІН).

1.2. Для кожного  $ij$ -го ІН з підмножини  $\Omega_{ін}^B(i, j) \in \Omega_{ін}^B$  виділяється підграф  $G_{ij}^{tr}$  такий, що при передачі інформації каналом зв'язку виконувалося б обмеження на кількість транзитів передачі  $t_r$ .

1.3. На виділених підграфах  $G_{ij}^{tr}$ , для кожного ОВЗ та кожної ЛЗ обчислюються змінні, що характеризують ступінь зменшення ймовірності зв'язності  $ij$ -го ІН (відповідно для ОВЗ –  $p_{(ij)}^k$ , ЛЗ –  $p_{(ij)}^{kl}$ ) і кількості остовних дерев  $d_{(ij)}^k$ ,  $d_{(ij)}^{kl}$  при виведенні даних вершин  $V_k$  і ребер  $U_{kl}$  з підграфа  $G_{ij}^{tr}$ :

$$\begin{aligned} p_{(ij)}^k &= p(G_{ij}^{tr}) - p(G_{ij-k}^{tr}); \\ p_{(ij)}^{kl} &= p(G_{ij}^{tr}) - p(G_{ij-kl}^{tr}); \\ d_{(ij)}^k &= \text{der}(G_{ij}^{tr}) - \text{der}(G_{ij-k}^{tr}); \\ d_{(ij)}^{kl} &= \text{der}(G_{ij}^{tr}) - \text{der}(G_{ij-kl}^{tr}), \end{aligned}$$

де  $p(G_{ij}^{tr})$ ,  $p(G_{ij-k}^{tr})$ ,  $p(G_{ij-kl}^{tr})$  – ймовірності зв'язності  $ij$ -го ІН на підграфі  $G_{ij}^{tr}$  і на підграфах у яких  $V_k$  ОВЗ та  $U_{kl}$  ЛЗ виведені з  $G_{ij}^{tr}$ , відповідно;  $\text{der}(G_{ij}^{tr})$ ,  $\text{der}(G_{ij-k}^{tr})$ ,  $\text{der}(G_{ij-kl}^{tr})$  – кількість остовних дерев у підграфах  $G_{ij}^{tr}$ ,  $G_{ij-k}^{tr}$ ,  $G_{ij-kl}^{tr}$  відповідно.

1.4. На основі отриманих змінних  $p_{(ij)}^k$ ,  $p_{(ij)}^{kl}$ ,  $d_{(ij)}^k$ ,  $d_{(ij)}^{kl}$  здійснюється ранжирування ОВЗ та ЛЗ у підграфах  $G_{ij}^{tr}$  і формуються вектори

$$P_{(ij)}^Y = \{P_{(ij)}^k\}, P_{(ij)}^P = \{P_{(ij)}^{kl}\}, D_{(ij)}^Y = \{d_{(ij)}^k\}, D_{(ij)}^P = \{d_{(ij)}^{kl}\}.$$

1.5. Вводяться змінні  $\text{Max}$  і  $\text{Max}^r$ , що визначають максимальну кількість ОВЗ та ЛЗ у підграфах  $G_{ij}^{tr}$ .

1.6. Кожній вершині та кожному ребру підграфа  $G_{ij}^{tr}$  приписується вага

$$\begin{aligned} w_{(ij)}^k &= 2 * \text{Max} - (N_{P_{yij}}^k) - (N_{D_{yij}}^k - 1); \\ w_{(ij)}^{kl} &= 2 * \text{Max}^r - (N_{P_{pji}}^{kl}) - (N_{D_{pji}}^{kl} - 1), \end{aligned}$$

де  $N_{P_{yij}}^k$ ,  $N_{D_{yij}}^k$ ,  $N_{P_{pji}}^{kl}$ ,  $N_{D_{pji}}^{kl}$  – номери  $V_k$  ОВЗ та  $U_{kl}$  ЛЗ у відповідних векторах  $P_{(ij)}^Y$ ,  $P_{(ij)}^P$ ,  $D_{(ij)}^Y$ ,  $D_{(ij)}^P$ .

1.7. Обчислюється вага кожного ОВЗ та кожної ЛЗ підграфа  $G^B$

$$\begin{aligned} G^B &\subseteq G_{ij}^{tr}, \quad i, j \in \Omega_{ін}^B; \\ W^k &= \sum_{V_k \in G^B} w_{k(ij)}, \quad W^{kl} = \sum_{U_{kl} \in G^B} w_{kl(ij)}. \end{aligned}$$

1.8. Всім ОВЗ та ЛЗ підграфа  $G^{-B} = G/G^B$  приписується нульова вага, тобто

$$W^k = 0, \text{ при } V_k \in G^{-B}; \quad W^{kl} = 0, \text{ при } U_{kl} \in G^{-B}.$$

1.9. Відповідно до отриманої ваги здійснюється ранжирування ОВЗ і ЛЗ та формуються вектори  $V^Y = \{V_k\}$ ,  $U^r = \{U_{kl}\}$ , що містять номери ОВЗ і ЛЗ в порядку зменшення їхньої ваги.

**Еман 2.** Вибір району розміщення ресурсу засобів відновлення для виділених найважливіших елементів МК СЗАУВ.

2.1. На основі заданих обмежень на припустимий час відновлення ОВЗ та ЛЗ, визначаються припустимі віддалення відновлювального ресурсу  $L_{ОВЗ}^s$ ,  $L_{ЛЗ}^s$  від елементів, що підлягають відновленню, з урахуванням часу, необхідного на марш, розгортання та нормативного часу на проведення відновлювальних робіт.

2.2. По векторах  $V^V = \{V_k\}$ ,  $U^T = \{U_{kl}\}$  вибираються підмножини ОВЗ  $V_B \oplus V^V$  та ЛЗ  $U^{BT} = U^T$  (що мають найбільшу вагу), відновлення яких можливе наявним ресурсом  $R^{B3} = \|r_{B3}\|$  і  $R^{ЛЗ} = \|r_{ЛЗ}\|$ . При цьому, сам ресурс розбивається на підмножини відносно даних ОВЗ та ЛЗ  $R_k^y \oplus R^y$ ;  $R_k^y \subseteq R^y$ ;  $R_{kl}^Л \oplus R^Л$ ;  $R_{kl}^Л \subseteq R^Л$ .

2.3. Відносно виділених підмножин  $R_k^{B3}$  та  $R_{kl}^{ЛЗ}$  формуються підмножини ОВЗ  $V_{Rk}^V$  та ЛЗ  $U_{Rkl}^T$ , де  $V_{Rk}^V = V^V / V_B$ ,  $U_{Rkl}^T = U^T / U^{BT}$ , які могли б бути відновлені ресурсом зазначених підмножин.

2.4. Ресурс  $R_k^{B3}$  повинен бути розміщений від  $V_k$  ОВЗ на відстані, що не перевищує  $L_{B3}^s$  ( $S$  – тип ресурсу, який входить до  $R_k^{B3}$ ). Найдоцільніше розмістити  $R_k^{B3}$  ресурс таким чином, щоб для більшої кількості ОВЗ з підмножини  $V_{Rk}^V$  відстань до цього ресурсу не перевищувала  $L_{B3}^s$ . Вибиратися буде той район, для якого будуть виконані умови щодо відстаней і сумарна вага доступних ОВЗ згідно  $V^V$  була б максимальною, тобто

$$\sum_{V_k \in F(R_k^y)} N_{G^B}^V - N_{V^V}^k + 1 \Rightarrow \max,$$

за умови

$$(x, Y) = F(R_k^y) \cdot \sqrt{(x - x_{V_k})^2 + (Y - Y_{V_k})^2} \leq L_{ОВЗ}^s,$$

де  $N_{G^B}^V$  – кількість ОВЗ у підграфі  $G^B$ ;  $N_{V^V}^k$  – номер  $V_k$  ОВЗ в  $V^V$ ;  $F(R_k^y)$  – район розміщення ресурсу  $R_k^{B3}$ .

Для рішення задачі вибору району розміщення  $R_k^{B3}$  найбільш простим і наглядним є застосування методу графічного відображення інформації на екрані дисплея з нанесенням окружностей радіуса  $L_{ОВЗ}^s$ . Для відновлення ЛЗ за допомогою ресурсу  $R_{kl}^{ЛЗ}$  всі дії аналогічні.

## Висновки і напрями подальших досліджень

Таким чином, запропонована методика на етапі планування розгортання МК СЗАУВ дозволяє в умовах часових та ресурсних обмежень вирішити завдання раціонального розподілу резерву військ зв'язку різних ланок управління військами (силами) з метою проведення ефективного відновлення інформаційних напрямків, а в подальшому проводити дослідження щодо обґрунтування складу резерву сил та засобів зв'язку необхідного для конкретних умов ведення бойових дій.

## Список літератури

1. Теоретические основы организации связи в объединениях и соединениях: [под общ. ред. В.И. Иванова]. – С-Пб., 1991. – 687 с.
2. Флейшман Б.С. Оптимизация систем к наступлению катастроф / Б.С. Флейшман, С.Ю. Рудеман, П.М. Брусиловский. – Калининград, 1998 – 140 с.
3. Волков О.В. Методика розподілу мобільних засобів відновлення системи зв'язку та автоматизації тактичної ланки управління / О.В. Волков, М.С. Братица // Перспективи розвитку системи зв'язку і АСУВ в тактичній ланці управління: II наук.-практ. семінар ВІТІ НТУУ „КПІ”, 27 листопада 2003 р.: тези доп. – К.: ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2003. – С. 44.

Надійшла до редколегії 13.09.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Кувшинов, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації НТУ України „КПІ”, Київ.

## МЕТОДИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗЕРВА МОБИЛЬНОГО КОМПОНЕНТА СИСТЕМЫ СВЯЗИ И АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ

И.В. Борисов, И.В. Васюков, А.В. Волков

Разработана методика которая позволяет решить задачу рационального распределения резерва системы связи и информатизации управления войсками в условиях ресурсных ограничений

**Ключевые слова:** резерв, узел связи, линия связи.

## METHODS OF DISTRIBUTION OF MOBILE COMPONENT'S RESERVE OF MILITARY COMMUNICATION AND AUTOMATION MANAGEMENT SYSTEM

I.V. Borisov, I.V. Vasyukov, O.V. Volkov

Worked out methodology that allows to decide the task of optimal distribution of mobile component's reserve of military communication and automation of management system in the conditions of resource limits on his renewal.

**Keywords:** reserve, communication centre, communication line.