

**ВИБІР СТРУКТУРИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ АСУ АВІАЦІЇ ТА ППО**С.Б. Клімов<sup>1</sup>, Ю.В. Стасєв<sup>2</sup><sup>1</sup>Командування Повітряних Сил ЗС України, Вінниця,<sup>2</sup>Харківський університет Повітряних Сил

*Запропонований підхід до вибору структури єдиної обчислювальної мережі автоматизованої системи управління авіації та протиповітряної оборони, орієнтований на використання існуючих обчислювальних засобів.*

*обчислювальна мережа, АСУ авіації та ППО, середня затримка*

**Вступ.** Повітряні Сили України, вважаючи на великий обсяг інформації, яка у сучасних умовах необхідна для ефективного управління авіацією та силами протиповітряної оборони (ППО) та повинна бути оброблена у стислі терміни, потребують створення єдиної автоматизованої системи управління (АСУ) авіації та ППО, вирішуючої як задачі управління бойовими діями та задачі управління військами при підготовці до бойових дій, так і задачі повсякденної діяльності. З метою зменшення витрат АСУ авіації та ППО повинна в основному базуватися на існуючих обчислювальних засобах частин та підрозділів Повітряних Сил. Основна вимога до топології мережі підтримки – врахування ієрархічної структури підпорядкованості [1]. Існуючі підходи [2 – 4] не в повній мірі орієнтовані на дані особливості, більшість робіт зосереджено на особливостях спеціалізованих систем інформаційного забезпечення, часткових задачах управління і їх особливостях без проведення аналізу основних задач управління військами, пов'язання з суміжними задачами та системою збору і обробки вихідної інформації, що не дає змоги для своєчасного представлення повної та достовірної інформації у відповідності до обстановки, що складається, і поточними задачами управління відповідним органам управління військами (командирам, штабам, службам, бойовим обслугам командних пунктів і центрів управління) на всіх етапах управління військами. Тому розробка підходу до вибору структури обчислювальної мережі АСУ авіації та ППО, загальної для кожного ієрархічного рівня, що є *метою даною статі*, на теперішній час є *актуальною*.

**Результати досліджень.** Визначаючи критерій вибору структури базової обчислювальної мережі (ОМ) АСУ авіації та ППО в першу чергу відмітимо, що основними властивостями цієї мережі є ієрархічність та територіальне розподілення, тобто в подальшому будемо розглядати базу терито-

ріально розподілену ОМ (БТРОМ) ( $B = \cup B_{\mu}$ ,  $\mu \in \Gamma_B$ ,  $\Gamma_B$  – граф розподілу). При цьому необхідно зосередитись на об'єктивних зв'язках об'єктів різної природи, які адекватно відображаються через такі поняття, як система, управління, процес, якість, ефективність тощо. При цьому властивості, що характеризують якість БТРОМ, є не просто деякою сукупністю, а цілісною характеристикою функціональної єдності істотних властивостей системи, які можуть бути впорядковані у вигляді багаторівневої ієрархічної структури. Найвищий рівень цієї структури визначає критерій якості, а на найнижчому рівні знаходяться взаємопов'язані прості властивості, що дозволяє визначити ефективність мережі на  $i$ -й ділянці  $E_{\mu}^{(i)}$  ( $\mu \in \Gamma_B$ ) як функцію наступних аргументів:

$$E_{\mu}^{(i)} = \psi(u_i^{(\mu)}(f_{ij}^{(\mu)}, c_{\xi}^{(\mu)}, c_{\phi}^{(\mu)}), E_{\gamma}, R_{(c,\tau)}^{(\mu)}, F^{(\mu)}, S) \quad (1)$$

де  $u_i^{(\mu)}$  – відповідне управління, аргументи якого визначають взаємозв'язок цільових, функціональних і нефункціональних властивостей [5];  $R_{(c,\tau)}^{(\mu)}$  – відповідні ресурси;  $F^{(\mu)}$  – умови функціонування, а  $S$  – спосіб реалізації функцій. Відзначимо, що верхні рівні ієрархії складають цільові і функціональні властивості БТРОМ, які визначають можливості її застосування за призначенням, причому функціональні властивості підпорядковані цільовим і виявляються при виконанні підсистемою її функцій. Нижчий рівень ієрархії – нефункціональні групи властивостей (тактичні, технічні, ергономічні, економічні), що включають такі базові для даної системи властивості, як оперативність (час реакції), продуктивність, стійкість (живучість, надійність).

На кожному рівні ієрархії властивостей (цільовому, функціональному, нефункціональному) можна побудувати ієрархію властивостей конкретного рівня. В процесі вибору варіанту побудови БТРОМ і розробки системи її експлуатації для визначення  $E_{\mu}$  ( $\mu \in \Gamma_B$ ) необхідно дослідити тактичні і технічні властивості нижчих рівнів ієрархії. Аналіз параметрів, що впливають в БТРОМ на зміну характеристик вищеперелічених властивостей, показав, що найбільш суттєвим є значення середньої затримки, необхідної для доставки пакету від джерела до місця призначення, оскільки вона робить переважаючий вплив на вибір і роботу як мережевих протоколів, так і методів маршрутизації інформаційних потоків, використовуваних в ній, і визначає відрізок часу, необхідний для переміщення пакету даних від джерела до пункту призначення через мережу передачі даних [6]. Затримка передачі даних на маршруті є сумою затримок на кожному каналі зв'язку (КЗ) маршруту, який проходить пакет даних, і визначається виразом [7]:

$$T_m = T_y + T_o + T_w,$$

де  $T_y = \sum_{b=1}^{h_w} t_{y_b}$  – сумарний час комутації пакету даних в УК;  $h_w$  – число КЗ, що входять в маршрут;  $t_{y_b}$  – час комутації пакету даних в пристрої комутації, інцидентному  $b$ -му каналу зв'язку (КЗ);  $T_o = \sum_{b=1}^{h_w} t_{o_b}$  – сумарний час очікування пакету даних в черзі до КЗ;  $t_{o_b}$  – час очікування пакету даних в черзі до  $b$ -го КЗ;  $T_w = \sum_{b=1}^{h_w} t_{w_b}$  – сумарний час передачі пакету даних по каналах зв'язку;  $t_{w_b} = k_{z_b} \cdot \frac{l_p}{p_{z_b}}$  – час передачі пакету даних по  $b$ -му КЗ;  $k_{z_b}$  – коефіцієнт завантаження  $b$ -го каналу зв'язку.

При визначенні середньої затримки пакету даних в мережі передачі даних, крім того, необхідно враховувати наступні параметри: довжину маршрутів передачі даних; інтенсивність потоків даних, передаваних по маршрутах; сумарну інтенсивність потоків даних, після чого вона розраховується як [8]:

$$T_p = \frac{1}{c_u} \cdot \sum_{j=1}^{h_r} \sum_{a=1}^{h_m} \left( c_{m_a}^j \cdot h_{w_a}^j \cdot \left( t_y + k_z \cdot \frac{l_p}{p_z} + \frac{l_o}{p_z} \cdot l_p \right) \right), \quad (2)$$

де  $c_u$  – сумарна інтенсивність розподілених потоків даних в СПД;  $h_r$  – число інформаційних потоків між множиною вузлів мережі;  $h_m$  – число маршрутів для передачі  $j$ -го потоку в розподілі  $\gamma$ ;  $c_{m_a}^j$  – інтенсивність  $j$ -го потоку по маршруту  $m_a^j$ ;  $h_{w_a}^j$  – довжина маршруту, яка визначається числом КЗ, що входять в маршрут;  $t_y$  – середній час комутації пакету в УК;  $k_z$  – середній коефіцієнт завантаження КЗ;  $l_o$  – середня довжина черги до каналу зв'язку;  $l_c$  – середній об'єм пакету (у бітах), що передається в мережі даних;  $p_z$  – середня пропускна спроможність КЗ із урахуванням його завантаження.

Середній коефіцієнт завантаження каналів зв'язку визначається як

$$k_z = k_u + k_c, \quad (3)$$

де  $k_u$  – середній коефіцієнт завантаження КЗ, що створюється розподіленими потоками даних;  $k_c$  – середній коефіцієнт завантаження КЗ, що створюється службовими потоками даних.

Проведемо оцінку основних параметрів, що впливають на зміну величини затримки пакету даних в мережі передачі даних (МПД). З аналізу виразу (2) виходить, що затримка пакету даних в МПД є лінійною функцією від довжини маршрутів передачі даних, яка визначається числом КЗ, що входять в маршрут. Сумарна інтенсивність розподілених потоків даних в МПД визначається як

$$c_u = \sum_{j=1}^{h_r} \sum_{a=1}^{h_m} c_{m_a}^j, \quad (4)$$

а величина затримки пакету даних на маршруті розраховується як

$$T_m = \sum_{b=1}^{h_{w_a}^j} t_{y_b} + k_{z_b} \cdot \frac{l_p}{p_{z_b}} + \frac{l_{o_b}}{p_{z_b}} \cdot l_p. \quad (5)$$

Пропускна спроможність каналу зв'язку з урахуванням його завантаження  $p_{z_b}$  визначається як значення інтенсивності потоку даних, який може бути переданий каналом зв'язку при заданому коефіцієнті завантаження  $k_{z_b}$ , тобто  $p_{z_b} = k_{z_b} \cdot p_{w_b}$ , де  $p_{w_b}$  – фізична пропускна спроможність КЗ.

Аналізуючи вираз (5), бачимо, що величина затримки пакету даних на маршруті залежить від наступних параметрів: числа КЗ, що входять в маршрут; часу комутації пакету даних; пропускної спроможності каналів зв'язку; об'єму пакету даних, передаваного за маршрутом; довжини черги пакетів даних до КЗ; коефіцієнта завантаження КЗ.

За умови, що на вході в канал зв'язку має місце пуассоновський потік вимог (пакетів), а їх обслуговування здійснюється у порядку надходження з часом обслуговування, який дорівнює постійній величині, вираз для визначення довжини черги пакетів даних до каналу зв'язку відповідно до формули Поллачека-Хинчина має такий вигляд [7]:

$$l_{o_b} = k_{z_b}^2 / (2 - 2 \cdot k_{z_b}). \quad (6)$$

Коефіцієнт завантаження каналу зв'язку визначається виразом [5]:

$$k_{z_b} = c_{w_b} / p_{w_b} \quad (7)$$

де  $c_{w_b}$  – сумарна інтенсивність переданих потоків даних  $b$ -м КЗ.

Вираз для визначення сумарної інтенсивності переданих потоків даних каналом зв'язку має вигляд [7]:

$$c_{w_b} = \sum_{j=1}^{h_r} \sum_{a=1}^{h_m} c_{m_a}^j \cdot k_a^j, \quad k_a^j = \begin{cases} 0, & \text{если } w_b \notin m_a^j, \\ 1, & \text{если } w_b \in m_a^j, \end{cases} \quad (8)$$

де  $w_b$  –  $b$ -й канал зв'язку.

З аналізу виразів (6) – (8) витікає, що довжина черги пакетів даних до каналу зв'язку і його коефіцієнт завантаження залежать від значень інтенсивності потоків даних, передаваних по маршрутах, що проходять через даний КЗ, і його пропускної спроможності.

**Висновки.** Оскільки коефіцієнт завантаження каналу зв'язку при заданому значенні його пропускної спроможності визначається величиною сумарної інтенсивності потоків даних, передаваних по маршрутах, що проходять через цей КЗ, і, виходячи з аналізу виразів (5) – (8), можна визначити, що основними параметрами, які впливають на зміну величини середньої затримки пакету даних в МПД БТРОМ, є інтенсивність потоків даних, довжина маршрутів передачі даних, визначена числом КЗ, що входять в маршрут, час комутації пакету даних в пристрої комутації, пропускна спроможність каналів зв'язку МПД БТРОМ, об'єм пакету даних, передаваного за маршрутом. В процесі управління маршрутизацією інформаційних потоків можливо впливати на зміну таких параметрів, як довжина маршрутів і інтенсивність потоків даних, тобто вони є визначальними при формуванні структури БТРОМ АСУ авіації та ППО. **Напрямок подальших досліджень** – розробка способу оцінки інформаційних потоків, циркулюючих в МПД БТРОМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – С.-Пб.: Питер, 1999. – 672 с.*
2. *Корнышев Ю.Н., Пишеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телеграфика. – М.: Радио и связь, 1996. – 272 с.*
3. *Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Телекоммуникаційні мережі. – К.: Техніка, 2001. – 392 с.*
4. *Кульгин М.В. Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия. – С.-Пб.: Питер, 1999. – 704 с.*
5. *Семёнов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей И.Р. Структурированные кабельные системы. Стандарты, компоненты, проектирование, монтаж и техническая эксплуатация. – М.: Компьютер Пресс, 1999. – 482 с.*
6. *L. Berry, B. Murtagh. Optimization models for communication network design // Proceedings of the Fourth International Meeting Decision Sciences Institute, Sydney, Australia. – 1997. – P. 218-241.*
7. *Зайченко Ю.П., Гонга Ю.В. Структурная оптимизация сетей ЭВМ. – К.: Техніка, 1986. – 168 с.*
8. *Янбух Г.Ф., Столяров Б.А. Оптимизация информационно-вычислительных сетей. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.*

Надійшла 13.04.2006

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор В.А. Краснобаєв,  
Харківський національний технічний університет сільського господарства.