

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ З ДЕТЕРМІНОВАНИМИ ЧЕРГАМИ НА ОБСЛУГОВУВАННЯ КОРИСТУВАЧІВ

*Запропонована методика розрахунку основних параметрів комп'ютерної мережі з чергами на обслуговування користувачів. Вважається, що дисципліна черг доступу користувачів до комп'ютерних терміналів мережі є детермінованою.*

*A method of calculation the basic parameters of computer network queues for servicing users is presented. Formation of the queues users to computer terminals of a network is assumed deterministic.*

### 1. ВСТУП

Входячи в ХХІ століття світове співтовариство всі свої зусилля спрямовує на побудову інформаційного суспільства (ІС) [1]. Вирішення цієї проблеми має багато аспектів – освітній, правовий, технічний тощо. Що стосується освітнього аспекту, то в програмах створення ІС багатьох країн одним із пріоритетів вважають інформатизацію усієї системи освіти [1]. Певні кроки у цьому напрямку робляться й в Україні. Це, наприклад, підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за галузями знань та напрямками підготовки [2], які можуть забезпечити розв'язання актуальних задач ІС – доступ до інформаційних ресурсів, передача й захист інформації тощо. Логічним кроком у розв'язанні задач доступу до інформаційних ресурсів є створення в освітніх закладах, бібліотеках, музеях комп'ютерних мереж (КМ) загального користування. При розбудові мереж такого типу виникає проблема обґрунтування достатніх технічних ресурсів мережі – автоматизованих робочих місць (АРМ), серверів баз даних тощо. Слід зауважити, що особливістю такого обґрунтування є режим загального використання АРМ або комп'ютерних терміналів (КТ), які обслуговують користувачів мережі.

Відомі методики аналізу та оптимізації комп'ютерних мереж базуються на концепції, в якій  $N_T$  прикінцевих терміналів обслуговують  $M_K$  користувачів за умови, що  $N_T = M_K$ . Ці методики стосуються різноманітних аспектів аналізу й оптимізації мереж, наприклад

---

<sup>1</sup> Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

аналізу потоків даних між вузлами мережі та пропускної здатності вузлів комутації [3...6]. У КМ загального користування, де кількість користувачів мережі  $M_k$  перевищує кількість прикінцевих терміналів  $N_t$ , що їх обслуговують, тобто  $M_k \geq N_t$ , виникають додаткові проблеми, пов'язані, наприклад, з обґрунтуванням дисципліни обслуговування користувачів, визначенням достатньої кількості прикінцевих терміналів  $N_t$ , структуризацією цих терміналів за функціональними ознаками тощо. У [7] розглядалися деякі параметри та критерії оптимізації таких мереж, але не пропонувались методики обґрунтування їх показників.

Метою даної роботи є розробка методики обґрунтування показників ємності та параметрів комп'ютерної мережі загального користування з детермінованими чергами на обслуговування її користувачів.

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПРИПУЩЕННЯ

Основними показниками ємності комп'ютерної мережі загального користування є кількість  $N_t$  КТ чи АРМ та загальна кількість  $M_k$  користувачів мережі. Звісно, що з точки зору ефективного використання терміналів їх кількість у мережі може бути меншою за кількість користувачів мережі, тобто  $N_t \leq M_k$ . Але у цьому випадку можуть бути відмови в обслуговуванні користувачів або утворюватись черги на обслуговування.

У залежності від характеру надання послуг користувачам КМ черги на обслуговування можуть бути випадковими або детермінованими.

У подальшому будемо вважати, що дисципліна черги доступу користувачів мережі до комп'ютерних терміналів або АРМ є детермінованою. Це припущення є характерним для комп'ютерних мереж навчальних закладів, де доступ користувачів до КТ може відбуватися за певним графіком.

## 3. ПАРАМЕТРИ ТА ПОКАЗНИКИ КМ

Для розрахунку кількості терміналів комп'ютерної мережі з чергою користувачів введемо параметр – термін часу роботи  $i$ -го користувача мережі за терміналом  $t_{\tau i}$  протягом певного проміжку часу  $\tau$ .

Взагалі час  $t_{\tau i}$  є випадковою величиною, але для розглядуваної детермінованої моделі черги користувачів до КТ цей час є детермінованою величиною, середнє значення якого

$$t_{\tau\text{сер}} = \frac{1}{M_k} \sum_{i=1}^{M_k} t_{\tau i} . \quad (1)$$

Сумарний термін часу, який необхідно виділити для роботи за терміналами усім  $M_k$  користувачам мережі протягом проміжку часу  $\tau$  визначимо за формулою:

$$t_{\tau\Sigma} = \sum_{i=1}^{M_k} t_{\tau i} . \quad (2)$$

З урахуванням (1) формула (2) матиме вигляд

$$t_{\tau\Sigma} = t_{\tau\text{сер}} M_k . \quad (3)$$

Якщо терміни часу роботи за терміналом  $i$ -х користувачів мережі однакові, що характерно для користувачів мережі навчального закладу, то  $t_{\tau i} = t_{\tau\text{сер}}$ . За проміжок часу  $\tau$  для КМ навчального закладу доцільно взяти тижневий проміжок часу.

Режим доступу користувачів до терміналів мережі навчального закладу залежить від терміну часу роботи терміналів мережі за робочий день  $T_d$  та кількості робочих навчальних днів  $L_d$  у тижні. Використовуючи параметри режиму доступу користувачів до КТ мережі навчального закладу, можна розрахувати сумарний термін часу, який може надати в розпорядження користувачів один прикінцевий термінал або АРМ протягом проміжку часу  $\tau$ , тобто протягом тижня

$$T_\tau = T_d L_d . \quad (4)$$

Необхідну кількість комп'ютеризованих робочих місць  $N_\tau$  у мережі навчального закладу можна розрахувати виходячи з:

- тижневого терміну часу  $t_{\tau i}$ , виділеного для роботи  $i$ -го користувача за КТ або АРМ;
- кількості користувачів комп'ютерної мережі  $M_k$  у навчальному закладі;
- параметрів режиму доступу користувачів до терміналів або АРМ мережі;
- режиму бригадного або індивідуального використання КТ користувачами мережі.

Розглянемо деякі показники КМ загального використання з детермінованою чергою доступу користувачів до КТ, які характеризують ступінь використання її терміналів.

Використання, за часом роботи, одного терміналу або АРМ  $i$ -м користувачем КМ можна оцінити за коефіцієнтом

$$\eta_{pi} = t_{\tau i} / T_{\tau} = t_{\tau i} / T_{\text{д}} L_{\text{д}}. \quad (5)$$

У подальших дослідженнях доцільне застосування середнього значення коефіцієнта використання за часом роботи, користувачем КМ терміналу або АРМ

$$\eta_{p \text{ сеп}} = \frac{1}{M_{\text{к}}} \sum_{i=1}^{M_{\text{к}}} \frac{t_{\tau i}}{T_{\tau}}. \quad (6)$$

З урахуванням виразів (5) та (1) формула (6) матиме вигляд

$$\eta_{p \text{ сеп}} = t_{\tau \text{ сеп}} / T_{\tau}. \quad (7)$$

З метою підвищення ефективності використання мережних терміналів за одним КТ одночасно можуть працювати декілька (бригада) користувачів. Для урахування цієї обставини застосуємо коефіцієнт бригадного (індивідуального) використання  $j$ -го терміналу. Значення цього коефіцієнта обернено пропорційне кількості членів  $m_j$  бригади, які одночасно використовують КТ або АРМ [7], тобто

$$\eta_{\delta j} = 1 / m_j, \quad m_j = \{1, 2, \dots\}. \quad (8)$$

Оскільки КТ мережі можуть використовуватись з різною кількістю членів бригади, то доцільне застосування середнього значення коефіцієнта (9)

$$\eta_{\delta \text{ сеп}} = \frac{1}{N_{\tau}} \sum_{i=1}^{N_{\tau}} \frac{1}{m_j}. \quad (9)$$

Якщо, кількість членів бригади  $m_j = m$  усіх  $j$ -х терміналів або АРМ мережі однакова, то  $\eta_{\delta j} = \eta_{\delta \text{ сеп}} = 1 / m$ .

За певних причин (технічні неполадки в мережі, відсутнє електроживлення, невдалий розклад занять тощо) термінали можуть простоювати. Цю обставину будемо враховувати за допомогою коефіцієнта використання за часом експлуатації (готовності) КТ або АРМ [7, 8]

$$\eta_{\text{е}} = T_{\tau \text{ е}} / T_{\tau} = T_{\tau \text{ е}} / T_{\text{д}} L_{\text{д}}, \quad (10)$$

де  $T_{\tau \text{ е}}$  – усереднений фактичний термін часу експлуатації (напряцювання на відмову) КТ чи АРМ на протязі проміжку часу  $\tau$  (навчального тижня).

Важливим показником ємності КМ з чергами користувачів на обслуговування є відношення кількості терміналів або АРМ мережі до кількості її користувачів

$$\delta = 100 N_T / M_K, \% . \quad (11)$$

Використовуючи показники ємності комп'ютерної мережі  $N_\delta$  і  $M_K$  можна визначити середню кількість користувачів КМ, яка припадає на один КТ або АРМ

$$M_{K1T} = M_K \eta_{бсер} / N_T . \quad (12)$$

Зауважимо, що значення терміну часу  $t_{\tau i}$ ,  $t_{\tau сер}$  і  $T_d$  можуть бути нормованими відносно тривалості навчальної години, тобто  $t_{\tau i} / T_{нг}$ ,  $t_{\tau сер} / T_{нг}$ ,  $T_d / T_{нг}$ , де  $T_{нг} = 45$  хв.

#### 4. ОБГРУНТУВАННЯ ЧАСУ РОБОТИ КОРИСТУВАЧА

Уся складність обґрунтування необхідної кількості КТ зводиться до обґрунтування оптимального терміну часу  $t_{\tau сер}$ , виділеного для роботи одного користувача мережі за комп'ютеризованим робочим місцем. Зауважимо, що термін часу  $t_{\tau сер}$  не може перевищувати нормованого терміну часу аудиторного завантаження студента  $T_{аз}$ , тобто  $t_{\tau сер} < T_{аз}$ .

При обґрунтуванні терміну часу  $t_\tau$  необхідно враховувати певні фактори, наприклад, навчальні  $\Phi_n$ , медичні  $\Phi_m$ , економічні  $\Phi_e$ , інформаційні  $\Phi_i$  тощо. Деякі з цих факторів можуть обмежувати “зверху” виділений для користувача термін часу роботи за КТ. Наприклад, це фактори економічні  $\Phi_e$ , медичні  $\Phi_m$ . Інші фактори можуть обмежувати цей термін часу “знизу”. Наприклад, це фактори навчальні  $\Phi_n$ , інформаційні  $\Phi_i$  та ін.

Таким чином, термін часу одного користувача може бути виражено деякою функцією, яка залежить від вище названих факторів, тобто  $t_{\tau сер}(\Phi_e, \Phi_m, \Phi_n, \Phi_i, \dots)$ . Надаючи акценти тому або іншому фактору

будемо мати певні сценарії обґрунтування значення терміну часу  $t_{\tau \text{ сеп}}$ . Розглянемо деякі з можливих цих сценаріїв.

Обґрунтування терміну часу  $t_{\tau \text{ сеп}}$  за емпіричним методом на основі даних моделювання мережі, експериментальних досліджень тощо.

Обґрунтування терміну часу  $t_{\tau \text{ сеп}}$  за оптимальним сценарієм. Оптимальний терміну часу роботи користувача за КТ  $t_{\tau \text{ сеп опт}}$  можна визначити в результаті оптимізації  $t_{\tau \text{ сеп}}$ , наприклад, за мінімаксимним критерієм [7].

$$t_{\tau \text{ сеп опт}} = \min_{\varphi_e, \varphi_m} \max_{\varphi_n, \varphi_i} t_{\tau \text{ сеп}}(\varphi_e, \varphi_m, \varphi_n, \varphi_i, \dots). \quad (13)$$

Найбільш жорсткі обмеження на величину  $t_{\tau \text{ сеп}}$  задають економічний і навчальний фактори. Тому при розрахунках інколи доцільно орієнтуватись на мінімально-допустимі значення часу  $t_{\tau \text{ сеп}}$ , визначені за результатами параметричної оптимізації з обмеженнями.

Обґрунтування терміну часу  $t_{\tau \text{ сеп}}$  за актуальним економічним сценарієм. Враховуючи економічний і навчальний фактори та задаючи обмеження  $\varphi_{e3}$  на економічний фактор  $\varphi_e$ , сформуємо такий мінімаксимний критерій

$$t_{\tau \text{ сеп мд}} = \min_{\varphi_e} \max_{\varphi_n} t_{\tau \text{ сеп}}(\varphi_e, \varphi_n), \quad \varphi_e \geq \varphi_{e3}. \quad (14)$$

Обґрунтування терміну часу  $t_{\tau \text{ сеп}}$  за актуальним навчальним сценарієм. Накладаючи обмеження  $\varphi_{n3}$  на навчальний фактор  $\varphi_n$  значення  $t_{\tau \text{ сеп}}$  можна розрахувати аналогічно (14).

Визначивши та сформувавши прийнятний сценарій та задавши необхідні обмеження, наприклад,  $\varphi_{e3}$  або  $\varphi_{n3}$ , можна обчислити оптимальні значення терміну часу  $t_{\tau \text{ сеп}}$ .

## 5. ОБґРУНТУВАННЯ КІЛЬКОСТІ КТ МЕРЕЖ

Значення показника ємності  $N_T$  комп'ютерної мережі можна визначити за допомогою коефіцієнтів використання КТ  $\eta_{p \text{ сеп}}$ ,  $\eta_{b \text{ сеп}}$ ,  $\eta_e$  та

показника ємності  $M_k$ . Враховуючи, що показник  $N_T$  ємності КТ прямо пропорційний коефіцієнтам  $\eta_{p\text{сер}}$ ,  $\eta_{б\text{сер}}$  і показнику  $M_k$  та обернено пропорційний коефіцієнту  $\eta_e$ , то формула розрахунку мінімально-необхідної кількості КТ або АРМ матиме вигляд

$$N_T = \text{ceil}(\eta_{p\text{сер}} \eta_{б\text{сер}} M_k / \eta_e), \quad (15)$$

де  $\text{ceil}(x)$  – функція округлення числа  $x$  до більшого цілого значення.

З урахуванням виразів коефіцієнтів (7), (10) та при однакових значеннях коефіцієнтів  $\eta_{бj}$  використання  $j$ -х КТ ( $m = m_j$ ) формула (15) спрощується

$$N_T = \text{ceil}(t_{\tau\text{сер}} M_k / m T_{\tau e}). \quad (16)$$

Формула (11) розрахунку відносної кількості КТ або АРМ у мережі з детермінованою чергою користувачів з урахуванням (15) матиме вигляд

$$\delta = 100 \eta_{p\text{сер}} \eta_{б\text{сер}} / \eta_e, \quad \% . \quad (17)$$

Середню кількість користувачів КМ з детермінованою чергою користувачів (12), яка припадає на один КТ з урахуванням (15) виразимо через коефіцієнти використання КТ та параметри, які характеризують терміни часу роботи користувачів за КТ

$$M_{k1\tau} = \eta_e / \eta_{p\text{сер}} = T_{\tau e} / t_{\tau\text{сер}}. \quad (18)$$

## 6. АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ЄМНОСТІ КМ

Розглянемо послідовність процедур в процесі обґрунтування показників ємності та параметрів комп'ютерної мережі загального користування з детермінованими чергами на обслуговування.

Обґрунтування необхідного терміну часу роботи користувача  $t_{\tau\text{сер}}$  за терміналом КМ або АРМ протягом періоду часу  $\tau$ , яке складається з таких процедурних етапів:

- визначення факторів  $\varphi_k$ , що впливають на термін часу  $t_{\tau\text{сер}}$ ;
- формування цільової функції  $t_{\tau\text{сер}}(\varphi_k)$ ;
- оптимізації цільової функції  $t_{\tau\text{сер}}(\varphi_k)$  за одним із критеріїв – формули (13), (14).

Визначення параметрів режиму доступу користувачів до терміналів або АРМ мережі та розрахунок коефіцієнтів використання цих терміналів – формули (1)...(10).

Розрахунок мінімально-необхідної кількості комп'ютерних терміналів або АРМ в мережі – формули (15)...(16).

Розрахунок відносної кількості КТ або АРМ мережі – формули (11), (17).

Розрахунок середньої кількості користувачів КМ, яка припадає на один термінал або АРМ – формули (12), (18).

**Приклад.** Розрахуємо показники ємності та параметри комп'ютерної мережі, що має обслуговувати студентів 5-ти навчальних підрозділів вузу.

*Вихідні дані.* Кількість студентів на факультетах (інститутах) вузу. Нормована, до тривалості академічного часу, тривалість робочого дня в усіх підрозділах  $T_d / T_{нг} = 10$  нг, кількість навчальних днів у робочому тижні  $L_d = 6$  днів. Кількість студентів у бригаді, які одночасно використовують КТ або АРМ  $m_j = \{1, 2\}$ . Усереднений фактичний термін часу експлуатації КТ або АРМ  $T_{тe} = 0,95T_t$ . Вихідні дані зведено у табл. 1.

*Розв'язок 1.* Сформуємо цільову функцію вважаючи, що значення тижневого часу  $t_{т\text{сер}}$  прямо пропорційне навчальному фактору  $\varphi_n$ , тобто  $t_{т\text{сер}} = \varphi_n T_{тз}$ . Нехай середнє значення тижневої часової аудиторної завантаженості студента складає  $T_{тз} = 36$  навчальних годин.

Значення  $\varphi_n$  може змінюватись в межах  $0 \leq \varphi_n \leq 1$ . Задамо, в залежності від підрозділу, обмеження на навчальний фактор  $\varphi_{нз}$  у межах значень  $(0,1 \dots 0,5)T_{тз}$ . За сценарієм (14) знайдемо нормовані значення тривалості часу  $t_{т\text{сер}} / T_{нг}$ , який необхідно виділити для роботи одного студента за КТ або АРМ протягом тижня.

2. За формулами (7), (9), (10) визначимо коефіцієнти, які характеризують використання КТ або АРМ у мережах підрозділів.

3. За формулою (15) розрахуємо мінімально-необхідну кількість КТ або АРМ у мережах підрозділів.

Результати розрахунків за п. 1...5 зведено у табл. 1.

*Таблиця 1.*



Вихідні дані та результати розрахунку показників КМ.

Параметр	Числове значення параметра за підрозділами					
	Ф-тет ІМ	Ф-тет ТКС	Інститут РТЕ	Інститут А та Л	Інститут Е та М	Взагалі
Кількість студентів підрозділу, $M_k$	1300	1050	540	460	600	3950
Тривалість робочого дня, $T_d/T_{нг}, нг$	10	10	10	10	10	10
Кількість навчальних днів у тижні, $L_d$	6	6	6	6	6	6
Кількість членів бригади за АРМ, $m$	1; 2	1; 2	1	1; 2	2	1; 2
Час роботи бригади за АРМ, $t_r/T_{нг}, н.г.$	18,0	18,0	18,0	14,4	12,0	-
Коеф. використання АРМ за часом, $\eta_{р\text{сер}}$	0,3	0,3	0,3	0,24	0,2	-
Коеф. бригадного використання АРМ, $\eta_{б\text{сер}}$	0,75	0,75	1,0	0,6	0,5	-
Коефіцієнт готовності АРМ, $\eta_e$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Мінімально-допустима к-ть АРМ у КМ, $N_T$	308	249	171	70	64	862
Відносна кількість АРМ у КМ, $\square, \%$	23,7	23,7	31,7	15,2	10,7	21,8
К-ть користувачів КМ на один АРМ, $M_{клТ}$	3,17	3,17	3,17	3,96	4,75	-

4. За формулою (17) визначимо відносну кількість комп'ютерних терміналів або АРМ мережі з детермінованою чергою на обслуговування користувачів.

5. За формулою (18) визначимо середню кількість користувачів КМ у черзі на один термінал або АРМ.

## 7. ВИСНОВКИ.

Запропоновано методику розрахунку параметрів комп'ютерної мережі з детермінованою чергою на обслуговування користувачів, яка дозволяє:

- визначити мінімально допустиму кількість КТ або АРМ;
- провадити аналіз використання КТ або АРМ в мережі за різними показниками тощо.

Подальші дослідження комп'ютерних мереж загального користування доцільно провадити за напрямками:

- формування цільових функцій оптимізації тижневого часу, виділеного для роботи користувачів КМ за КТ або АРМ;
- структуризація КТ або АРМ мережі за локальними сегментами;
- аналіз КМ за випадковим часом доступу користувачів до КТ або АРМ.

1. Сирота Л. Информационное общество. Путь наступления / Л. Сирота // Сети и телекоммуникации. – 2003. – № 3. – С. 48-53. 2. Про перелік напрямків, за якими здійснюється підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавра / Постанова Кабінету Міністрів України від 13 грудня 2006 р. № 1719. 3. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ. Ч. 2. / Шварц М. – М.: Наука, 1992. – 272 с. 4. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями / Клейнрок Л.; пер. с англ. под ред. Б.С. Цыбакова. – М.: Мир, 1979. – 600 с. 5. Филлипс Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – М.: Мир, 1984. – 496 с. 6. Воробієнко П.П. Методика розрахунку комутованої комп'ютерної мережі радіальної структури / П.П. Воробієнко, В.М. Каразей // Наукові праці УДАЗ. – 1999. – № 1. – С. 18-21. 7. Струкало М.И. Параметры и критерии оптимизации публичных сетей коммутации пакетов / М.И. Струкало // Системы и средства передачи и обработки информации: VII междунар. науч.-практ. конф., 2-7 сент. 2003 г.: тезисы докл. – Одесса, 2003. – С. 111-113. 8. Воробієнко П.П. Проблеми оптимізації телекомунікаційних мереж. Параметри та критерії / П.П. Воробієнко, М.І. Струкало // Наукові праці ОНАЗ. – 2002. – № 1. – С. 3-11.