

УДК 681.31

Сергій Петрович Колачов

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖ, ЩО ВІДПОВІДАЮТЬ СТАНДАРТУ ІТУ Х.25 У АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Актуальність дослідження.* Мережі, що відповідають стандарту ІТУ Х.25, почали розробляти в 70-х роках. Сьогодні вони досить поширені. Це типові мережі з налагодженням віртуальних сполучень та комутацією пакетів. Вони, поряд з новими типами мереж (*Frame Relay, АТМ*), надають своїм клієнтам певний сервіс передавання даних. Мережі Х.25 розробляли у період дуже ненадійних каналів зв'язку. Тому складовою таких мереж є суворі процедури виправлення помилок. Зокрема, кожен вузол мережі перевіряє коректність передавання та виконує коригувальні дії, проте внаслідок виконання таких дій зменшується відносна швидкість передавання інформації [1].

Мережа Х.25 — це глобальна мережа з віртуальними каналами. Віртуальний канал налагоджується між двома терміналами. Пакети одного каналу завжди йдуть одним і тим же маршрутом в однаковій послідовності. Під час налагодження сполучення термінал, що викликає, вибирає з множини вільних номерів один та присвоює його віртуальному каналу. Термінал, що одержує, також вибирає один з вільних номерів логічного каналу. Мережа перетворює ці два

номери в один унікальний для мережі, який ідентифікує віртуальний канал.

Топологічна структура мережі наведена на рис. 1. Аналізуючи рис. 1 можна зробити висновок, що мережі, які відповідають стандарту ІТУ Х.25, це багатовузлові мережі з вузлами комутації (ВК) пакетів і терміналами. Такими терміналами можуть бути як алфавітно-цифрові та графічні термінали, так і комп'ютери. У термінології мереж Х.25 термінали називають *DTE*, а вузли комутації — *DCE*.

Мережі протоколу Х.25 можуть передавати пакети інших мереж (наприклад, *IP*-пакети), розміщуючи їх у своїх пакетах. У цьому випадку великий пакет розділяють на фрагменти, а менші за розміром пакети об'єднують.

Оскільки перспективні автоматизовані системи управління (АСУ) спеціального призначення передбачають передачу інформації саме з використанням *IP*-пакетів, то обрана тема є актуальною для галузі управління та зв'язку.

Таким чином, *метою статті* є аналіз можливості використання мереж, що відповідають стандарту ІТУ Х.25 у АСУ спеціального призначення.

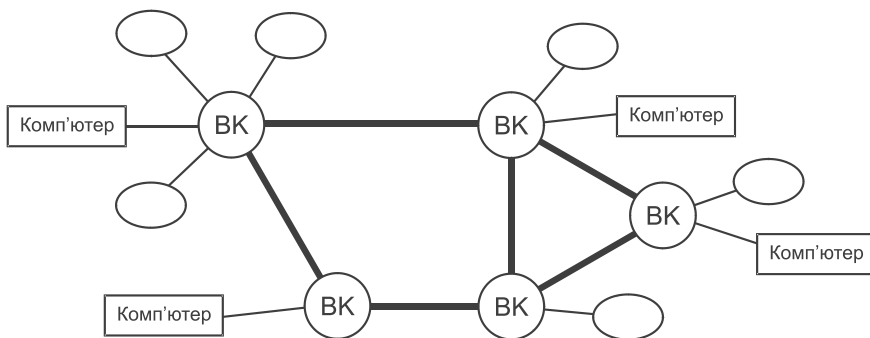


Рис. 1. Топологічна структура мережі, що відповідає стандарту ІТУ Х.25

Новизна статті полягає у визначенні характеристик телекомунікаційних мереж спеціального призначення, що підлягають стандарту ITU X.25, та обґрунтуванні критеріїв, що зумовлюють відсутність якості живучості.

Основна частина. Вихідними даними є:

- структура мережі, задана матрицею зв'язності  $A = \{a_{ij}\}$ ;
- величина навантаження  $Z_{nc} = \{Z_{ij}\}$ ;
- алгоритм вибору шляхів встановлення з'єднань у напрямках зв'язку відповідає стандарту ITU X.25.

Умови, обмеження і допущення:

- функціонування телекомунікаційної мережі розглядається в умовах статистичної рівноваги;
  - потоки заявок, що надходять у кожен напрямок зв'язку, є найпростішими;
  - система масового обслуговування на вузлах телекомунікаційної мережі приймається з обмеженням на довжину черги;
  - імовірність зайнятості каналів усіх шляхів мережі взаємно незалежна;
- час установа з'єднання дорівнює нулю.

Для оцінки можливості використання мереж, що відповідають стандарту ITU X.25 у АСУ спеціального призначення, визначимо, за яких умов зазначені мережі не будуть відповідати вимогам, які до них висуваються. Для цього введемо інтегральний показник якості телекомунікаційної мережі, в якості якого буде виступати норма надійності нормальної доставки [2]. Оскільки в загальному випадку мережа призначається для передачі пакетів різних категорій терміновості  $q$ , то для характеристики якості обслуговування пакетів кожної категорії окремо можна скористатися поняттям категорій надійності нормальної доставки. При цьому кожній категорії нормальної доставки буде відповідати своя норма надійності нормальної доставки  $\pi_{нд}^q$ . Показник  $\pi_{нд}^q$  вводиться на мережі в цілому незалежно від того, на якому з напрямків обміну  $[a_i, a_j]$  розглядається передача пакетів. Тому при оцінці придатності деякого шляху  $\mu_k(a_i, a_j)$  напрямку  $[a_i, a_j]$  для передачі пакетів  $q$ -ї категорії терміновості необхідно здійснювати перевірку умови

$$\pi_{нд_i}^q[a_i, a_j] \leq \pi_{нд_i}^q, \quad (1)$$

де  $\pi_{нд_i}^q$  — норма надійності нормальної доставки  $i$ -го пакета повідомлення  $q$ -ї категорії терміновості.

Отримана нерівність вигляду (1) описує спроможність шляху мереж, що відповідають стандарту ITU X.25, використовувати-

ся в інтересах автоматизованої системи управління, що працює в реальному масштабі часу. Істотно, що у правій частині нерівності стоять вимоги до вірогідності та граничного часу доведення пакета повідомлення адресату згідно до існуючих керівних документів, що регламентують обмін інформацією в різних ланках управління АСУ. Тобто  $\pi_{нд_i}^q$  можна виразити у вигляді

$$\pi_{нд_i}^q = \frac{\pi_{нв}}{\pi_{ну_i}} \quad (2)$$

Ліву частину нерівності (1), тобто показник визначення норми надійності нормальної доставки пакетів повідомлень різних категорій терміновості  $\pi_{нд}^q$  на деякому шляху обміну  $(a_i, a_j)$ , можна записати у вигляді

$$\pi_{нд_i}^q(a_i, a_j) = \frac{\pi_{в}^{(k)}[\mu_k(a_i, a_j)]k_{сум}}{M_{\tau}[\mu_k(a_i, a_j)]}, \quad (3)$$

де  $k_{сум}$  — коефіцієнт сумісності використуваних засобів зв'язку, який матиме значення 0 або 1;

$\pi_{в}^{(k)}[\mu_k(a_i, a_j)]$  — показник вірогідності  $\pi_{в}[a_i, a_j]$   $k$ -го шляху  $\mu_k(a_i, a_j) \in M_{ij}$  напрямку обміну  $[a_i, a_j]$ ;

$M_{\tau}[\mu_k(a_i, a_j)]$  — математичне очікування часу доставки пакета по шляху  $\mu_k(a_i, a_j)$ , яке можна подати у вигляді

$$M_{\tau}[\mu_k(a_i, a_j)] = \sum_{b_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} M_{\tau}(b_{ij}) + \sum_{a_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} M_{\tau}(a_{ij}) \quad (4)$$

У (4) доданок  $M_{\tau}(b_{ij})$  виражає середні затримки в трактах шляху  $\mu_k(a_i, a_j)$ , а доданок  $M_{\tau}(a_{ij})$  — середні затримки на комутаційних вузлах шляху  $\mu_k(a_i, a_j)$  телекомунікаційної мережі, що зумовлені для прийнятих у цих трактах і вузлах алгоритмів передачі і комутації пакетів, але без урахування впливу завад, обліку відмов-відновлень. Останні беруться до уваги при визначенні реального часу доставки пакетів  $\pi_u^p[a_i, a_j]$  в умовах реального навантаження телекомунікаційної мережі. Аналітична оцінка  $\pi_u^p[a_i, a_j]$  пов'язана зі значними труднощами, і тому замість неї зазвичай користуються статистичними оцінками на самій мережі або її моделі.

Оскільки показник вірогідності доставки пакетів залежить від конструктивних характеристик ланок передачі інформації і є для кожної ланки постійною величиною, то ще на етапі проектування телекомунікаційної мережі (або, у випадку використання вже існуючої мережі — на вузлах комута-

ції) з'являється можливість заборонити використання для передачі інформації ті шляхи, які не відповідають вимогам, що застосовуються до вірогідності доставки пакетів для відповідних ланок управління АСУ спеціального призначення. Виходячи з цього, для кожного шляху  $\mu_k(a_i, a_j)$  буде виконуватися умова:

$$\mu_B^{(k)}[\mu_k(a_i, a_j)] \geq \pi_{HB}, \quad (5)$$

що надає змогу нерівність (1) записати у вигляді

$$\frac{1}{\sum_{b_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} \frac{\eta}{\sum_k \rho_{СП}^{(k)}(b_{ij}) v_{ij}^{(k)} \log_2 m_{ij}^{(k)}} + \sum_{a_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} \frac{1}{\pi_{П}^p(a_{ij})}} \geq \frac{1}{\pi_{НУ_i}}, \quad (7)$$

де  $\rho_{СП}^{(k)}(b_{ij})$  — ефективність способу передачі і захисту від помилок у  $k$ -му каналі тракту (або ефективна відносна швидкість передачі даних);  $v_{ij}^{(k)}$  — швидкість передачі елементарних електричних сигналів (посилок) у  $k$ -му каналі тракту  $b_{ij}$ , що зумовлена методом мо-

$$\frac{k_{сум}}{M_{\tau}[\mu_k(a_i, a_j)]} \geq \frac{1}{\pi_{НУ_i}} \quad (6)$$

Зробивши припущення, що засоби зв'язку, які використовуються для передачі інформації шляхом телекомунікаційної мережі, придатні для передачі визначеного типу даних, тобто  $k_{сум} = 1$ , а тракти передачі даних та вузли є абсолютно надійними та захищеними від ураження зброєю супротивника, подамо математичне очікування часу затримки пакета обсягом з інформаційних символів через продуктивність трактів та вузлів комутації з урахуванням (4), отримаємо:

$$\frac{1}{\sum_{b_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} \frac{\eta}{\sum_k \rho_{СП}^{(k)}(b_{ij}) v_{ij}^{(k)} \log_2 m_{ij}^{(k)}} + \sum_{a_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} \frac{1}{\pi_{П}^p(a_{ij})}} \geq \frac{1}{\pi_{НУ_i}}, \quad (7)$$

дуляції-демодуляції сигналів, що використовується у цьому каналі;  $m_{ij}^{(k)}$  — основа первинного коду, в якому подаються символи пакетів, що є переданими у  $k$ -му каналі тракту  $b_{ij}$  (звичайно на практиці  $m_{ij}^{(k)} = Const = m = 2$ ).

Вираз

$$\sum_{b_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} \frac{\eta}{\sum_k \rho_{СП}^{(k)}(b_{ij}) v_{ij}^{(k)} \log_2 m_{ij}^{(k)}} + \sum_{a_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} \frac{1}{\pi_{П}^p(a_{ij})} = \tau_{Ш_{min}} \quad (8)$$

характеризує мінімальну затримку пакета при його проходженні шляхом телекомунікаційної мережі. В реальних умовах, за рахунок виникнення завад, відмов-від-

новлень даних час буде зростати. Так, для телекомунікаційних мереж, що відповідають стандарту ITU X.25, вираз (8) матиме вигляд

$$\sum_{i=1}^l M[v]_j \left( \frac{\eta}{\sum_k \rho_{СП}^{(k)}(b_{ij}) v_{ij}^{(k)} \log_2 m_{ij}^{(k)}} + \sum_{a_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} \frac{1}{\pi_{П}^p(a_{ij})} \right) = \tau_{Ш_p}, \quad (9)$$

де  $M[v]$  — математичне очікування кількості передач пакету  $q$ -тої категорії терміновості ланкою телекомунікаційної мережі;  $l$  — кількість ланок передачі у  $j$ -тому шляху напрямку обміну  $[a_i, a_j]$ ;

$\pi_{П}^p(a_{ij})$  — абсолютна пропускна здатність (продуктивність) вузла телекомунікаційної мережі.

Математичне очікування кількості передач пакету  $q$ -тої категорії терміновості  $M[v]$  можна визначити як

$$M[v] = \frac{1}{p_{П}^2}, \quad (10)$$

де  $p_{П}^2$  — імовірність отримання пакета вузлом телекомунікаційної мережі.

Зазначену імовірність можливо визначити за допомогою виразу

$$p_{П}^2 = \left( \prod_{b_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} P_T(b_{ij}) \prod_{a_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} P_{ПВ}(a_{ij}) \right)^2, \quad (11)$$

де  $P_T(b_{ij})$  — імовірність проходження пакетом тракту телекомунікаційної мережі;  $P_{ПВ}(a_{ij})$  — імовірність проходження пакету вузла телекомунікаційної мережі.

Розкривши зазначені імовірності отримаємо

$$p_{П}^2 = \left( \prod_{b_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} (P_{НВ}(b_{ij}) + P_{ПП}(b_{ij})) \prod_{a_{ij} \in \mu_k(a_i, a_j)} P_{ВХ}(a_{ij}) P_{ВИХ}(a_{ij}) \right)^2, \quad (12)$$

де  $P_{НВ}(b_{ij})$  — імовірність не виявлення завадостійким кодом помилки у прийнятому пакеті (імовірність пропуску помилки);

$P_{ПП}(b_{ij})$  — імовірність правильного прийому пакета;

$P_{ВХ}(a_{ij})$  — імовірність безвідмовної роботи вузла телекомунікаційної мережі через переповнення вхідного буфера накопичувача;  $P_{ВЛХ}(a_{ij})$  — імовірність безвідмовної роботи вузла телекомунікаційної мережі через переповнення вихідного буфера накопичувача.

Виходячи з цього, вираз (7) для реальних умов функціонування телекомунікаційної мережі, що використовує технологію X.25 матиме вигляд:

$$\frac{1}{\sum_{i=1}^l \frac{1}{(P_{НВ_i}(b_{ij}) + P_{ПП_i}(b_{ij}))^2} \left( \frac{\eta}{\sum_k \rho_{СП}^{(k)}(b_{ij}) v_{ij}^{(k)} \log_2 m_{ij}^{(k)} + \pi_{П}^p(a_{ij})} \right)} \geq \frac{1}{\pi_{НУ_i}}. \quad (13)$$

Вираз (13) визначає надійність функціонування шляху телекомунікаційної мережі, що використовує технологію X 25. Тобто при виконанні нерівності (13) шлях телекомунікаційної мережі задовольняє вимогам, що висуваються до якості обслуговування пакетів, у противному випадку — шлях є ненадійним. Якщо ліву частину нерівності (13) порівняти з нулем, то отримуємо вимо-

ги до функціональної живучості шляху телекомунікаційної мережі, під якою будемо розуміти властивість телекомунікаційної мережі забезпечувати передачу повідомлень у інформаційних напрямках зв'язку при поразках у результаті зовнішніх впливів її елементів і ділянок, з урахуванням функціональних можливостей, які використовуються у цих напрямках засобів зв'язку [2]:

$$\frac{1}{\sum_{i=1}^l \frac{1}{(P_{НВ_i}(b_{ij}) + P_{ПП_i}(b_{ij}))^2} \left( \frac{\eta}{\sum_k \rho_{СП}^{(k)}(b_{ij}) v_{ij}^{(k)} \log_2 m_{ij}^{(k)} + \pi_{П}^p(a_{ij})} \right)} > 0. \quad (14)$$

Проаналізуємо можливі випадки невиконання нерівності (14).

Вираз (14) не виконуватиметься, коли ліміт його лівої частини буде дорівнювати нулю. Згідно з виразом (14) це можливо у таких випадках:

1. При  $\rho_{СП}^{(k)}(b_{ij}) \rightarrow 0$ . Для визначення можливості настання такої події проаналізуємо складові ефективної відносної швидкості передачі даних.

$\rho_{СП}^{(k)}(b_{ij})$  — ефективність способу передачі і захисту від помилок у  $k$ -му каналі тракту  $b_{ij} \in (a_i, a_j)$ . Зазвичай  $\rho_{СП}^{(k)}(b_{ij})$  для каналу зв'язку називається кодовою швидкістю і визначається як

$$\rho_{СП}^{(k)}(b_{ij}) = \frac{\eta}{n} \quad (15)$$

де  $\eta$  — кількість інформаційних символів у пакеті;

$n$  — загальна кількість символів у пакеті.

У діючих телекомунікаційних мережах, що відповідають стандарту ITU X.25, значення  $\rho_{СП}^{(k)}(b_{ij})$  визначається на точці входу в мережу і є при проходженні пакета по шляху постійною величиною. Випадок, при якому  $\rho_{СП}^{(k)}(b_{ij}) \rightarrow 0$ , може виникнути лише при  $\eta = 0$ , що означає, що пакети містять лише службову інформацію. Це суперечить прийнятим у телекомунікаційних мережах протоколам обміну даними, внаслідок чого

зазначений випадок надалі не розглядатиметься.

2. При  $v_{ij}^{(k)}(b_{ij}) \rightarrow 0$ . Проаналізуємо можливість настання такої події.  $v_{ij}^{(k)}(b_{ij})$  — швидкість передачі елементарних електричних сигналів у  $k$ -му каналі тракту  $b_{ij}$ , що зумовлена методом модуляції-демодуляції сигналів, що використовується у цьому каналі, і є постійною величиною. Виходячи з цього, випадок, при якому  $v_{ij}^{(k)}(b_{ij}) = 0$ , не розглядається, оскільки в такому випадку обмін інформацією є неможливим.

3. При  $m_{ij}^{(k)}(b_{ij}) \rightarrow 0$ . Проаналізуємо можливість настання такої події.  $m_{ij}^{(k)}(b_{ij})$  — це основа первинного коду, в якому подаються символи пакетів, що є переданими у  $k$ -му каналі тракту  $b_{ij}$ . Звичайно на практиці  $m_{ij}^{(k)}(b_{ij}) = \text{Const} = 2$ . Отже, виникнення ситуації, при якій  $m_{ij}^{(k)}(b_{ij}) \rightarrow 0$  — неможливе.

4. При  $P_{ПТ}(b_{ij}) = (P_{НВ}(b_{ij}) + P_{ПП}(b_{ij})) \rightarrow 0$ . Для визначення можливості настання такої події проаналізуємо її складові.

Оскільки технологія X.25 на кожному вузлі телекомунікаційної мережі перевіряє та виправляє помилки, тобто завадостійкі коди працюють у режимі одночасного виявлення і виправлення помилок, то імовірність невиявлення завадостійким кодом помилки у прийнятому пакеті (імовірність

пропуску помилки) визначається згідно з виразом

$$P_{HB}(n) \approx \frac{\sum_{i=0}^t c_n^i}{2^{n-r}} P(\geq (d-t), n), \quad (16)$$

а імовірність правильного прийому пакета

$$P_{ПП}(n) = \sum_{i=0}^t P(i, n) = 1 - P(\geq t+1, n) \quad (17)$$

де  $d$  — мінімальна кодова відстань;

$t = \frac{d-1}{2}$  — найвища кратність помилок, що

гарантовано виправляються.

Отже, при ймовірності виникнення помилок у пакеті під час проходження ним по тракту передачі даних  $P(\geq t+1, n) \rightarrow 1$ , математичне очікування кількості проходження пакетом ланки передавання буде прагнути до нескінченності, отже, в зазначеному випадку телекомунікаційна мережа не буде володіти властивістю живучості. Оскільки імовірність викривлення пакета при повторній передачі буде визначатися як добуток імовірностей його викривлень при попередніх передачах, то у відповідності до теореми Бернуллі рано чи пізно настане момент, коли передача пакета буде здійснена без викривлень.

5. При  $P_{Вих}(a_{ij}) \rightarrow 0$ . Для визначення можливості настання такої події проаналізуємо організацію процесів масового обслуговування пакетів на виході вузлів телекомунікаційної мережі, що використовують технологію X.25.

Пакети з комутаційного виходу вузла подаються в декілька вихідних трактів. При відсутності відповідної координації руху пакетів на виході одночасно можуть з'явитися пакети, що призначені для передачі по одному тракту, і пакети, які треба передати в різні вихідні тракти. Тому конкуренція пакетів на комутаційному виході неминуча, навіть якщо пристрій виходу забезпечує рівнобіжну видачу інформації в усі вихідні тракти. Окрім того, відмова в негайному обслуговуванні пакета може бути викликана і тим, що її не приймає той сусідній вузол, куди вона повинна бути передана, а накопичення інформації на тракті не передбачено. Отже  $P_{Вих}(a_{ij}) \rightarrow 0$  у випадках, коли математичне очікування проходження пакетів, що стоять у черзі на передачу трактом, сягає до нескінченності, або коли  $P_{ПТ}(b_{ij}) = (P_{HB}(b_{ij}) + P_{ПП}(b_{ij})) \rightarrow 0$ , а також, коли щільність потоку заявок для передачі трактом перевищує його продуктивність на протязі деякого часу, тобто  $\lambda > \pi_{П}^p(b_{ij})$ .

6. При  $P_{Вх}(a_{ij}) \rightarrow 0$ . Для визначення можливості настання такої події проаналізуємо

організацію процесів масового обслуговування пакетів на вході вузлів телекомунікаційної мережі, що використовують технологію X.25.

На комутаційний вхід вузла, як правило, надходять пакети з декількох вхідних трактів. При відсутності жорсткої координації руху всіх пакетів по мережі потреба в передачі кожного пакета по трактах виникає незалежно від інших. У силу цього можлива конкуренція пакетів, що претендують на введення у вузол різними вхідними трактами, якщо вхід не забезпечує одночасний прийом інформації з усіх вхідних трактів одночасно. Однак, можлива відмова в негайному прийомі пакета при переповненні накопичувача вузла, що призначений для запису вхідної інформації. Отже,  $P_{Вх}(a_{ij}) \rightarrow 0$  можливе у випадках, коли щільність потоку заявок на обслуговування вузлом телекомунікаційної мережі перевищує його продуктивність на протязі деякого часу, тобто  $\lambda > \pi_{П}^p(a_{ij})$ .

Отже, лише у випадках, коли ймовірність виникнення помилок у пакеті під час проходження ним по тракту (при цьому їх кількість перевищує найвищу кратність помилок, що гарантовано виправляються завадостійким кодом), прагне до одиниці, а ймовірності безвідмовної роботи вузла телекомунікаційної мережі через переповнення вхідного та вихідного буферів накопичувача прагнуть до нуля, шлях телекомунікаційної мережі, яка відповідає стандарту ITU X.25, не буде володіти функціональною живучістю. Однак, зважаючи на те, що у випадках, коли виникає збій у мережі, автоматично відбудується перемаршрутизація, можна констатувати, що настання останніх двох подій можливо уникнути.

**Висновки.** Аналізуючи наведений матеріал, можливо зробити наступний висновок, що мережі, які відповідають стандарту ITU X.25 мають як недоліки, так і володіють низкою переваг.

- До переваг мереж X.25 можна віднести:
- надійність — правильність передавання перевіряється у кожній ланці передавання;
  - гнучкість — можливі сполучення ЛМ-ЛМ, хост-хост, термінал-хост;
  - сумісність — загальноприйнятий стандарт ІТU, який підтримується великою кількістю виробників обладнання;
  - захист — мережі X.25 дає змогу створювати замкнені групи користувачів та керувати правами доступу членів цих груп. Недоліки мережі X.25:
  - низька перепускна здатність. X.25 — це комплексний протокол з потужними засобами захисту від спотворень передавання та збоїв. Велика кількість операцій перевірки коректності та частота

їхнього виконання призводять до різкого зменшення пропускної здатності (пакет затримує та перевіряє кожен вузол);

- обмежений діапазон швидкостей. X.25 — це низькошвидкісна WAN-технологія, що оперує зі швидкостями від 2.4 до 64.0 Кбіт/с. Це не дає змоги передавати мультимедійну інформацію.

Аналізуючи наведені недоліки та переваги можна зробити висновок, що лише останній із зазначених недоліків унеможливило використання зазначеної технології у перспективних АСУ спеціального призначення. Однак, зважаючи на те, що телекомунікаційні мережі спеціального призначення повинні функціонувати в умовах

максимальної агресивності зовнішнього середовища, саме мережі X.25 є найбільш привабливими для здійснення обміну даними (за винятком ізохронних потоків).

### Література

1. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Є. Буров. — Львів : БаК, 2003. — 584 с.
2. Колачов С. П. Вибір інтегрального показника ефективності функціонування інформаційної мережі спеціального призначення / С. П. Колачов, В. І. Глуцький // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ "КПІ". — К. : ВІТІ НТУУ "КПІ", 2003. — Вип. № 6. — С. 5—14.
3. Романов О. И. Телекоммуникационные сети и управление : учебное пособие / О.И. Романов. — К. : Издат.-полиграф. центр "Киев. ун-т", 2003. — 254 с.

---

В статье проведен анализ основных характеристик телекоммуникационных сетей специального назначения, которые соответствуют стандарту ITU X.25, определены критерии, при которых такие сети не будут обладать свойствами живучести; сделан вывод о нецелесообразности использования технологий X.25 в автоматизированных системах управления специального назначения.

*Ключевые слова:* достоверность доставки пакетов, живучесть, пропускная способность.

The analysis of general features of special purpose telecommunication networks meet ITU X.25 standard; determined criteria when mentioned networks will not have features of liveness; It is draw a conclusion that it is not reasonable to utilize X.25 technology in special purpose automated communication and control systems.

*Key words:* packages delivery validity, liveness, carrier capacity.