

УДК 658.5.012.7

Мельник Ю.В., д.т.н.; Пархоменко В.Л., к.т.н.; Пархоменко В.В.

## ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

**Melnyk Yu.V., Parkhomenko V.L., Parkhomenko V.V. Work planning of functional converters in the telecommunication system.**

The article proposes practical ways to solve the task of scheduling maintenance  $N$  requirements of a system with  $M < N$  parallel devices of the same type without violating the policy deadlines, which allow: to build a maintenance schedule, that is, determine the order of setting requirements for service and estimate the minimum number of devices in the system that ensures timely maintenance all received claims. The processing of a given amount of information in a telecommunication system is presented in the form of serially connected functional converters - recording devices, preprocessing information, data transmission equipment, switching devices, input and processing of information connected in series to an information processing system.

**Keywords:** telecommunication system, complex of technical means, parameters, reliability, efficiency, reliability of information processing, complex system

**Мельник Ю.В., Пархоменко В.Л., Пархоменко В.В. Планування роботи функціональних перетворювачів в телекомунікаційній системі.**

У роботі пропонуються практичні шляхи вирішення завдання побудови розкладів обслуговування  $N$  вимог системою з  $M < N$  паралельних однотипних пристроїв без порушення директивних термінів, що дозволяють: побудувати графік обслуговування, тобто визначити порядок постановки вимог на обслуговування і оцінити мінімальну кількість приладів в системі, що забезпечує своєчасне обслуговування всіх вимог, що надійшли. Процес обробки заданого обсягу інформації в телекомунікаційній системі представлений у вигляді послідовно з'єднаних функціональних перетворювачів - пристроїв реєстрації, попередньої обробки інформації, апаратури передачі даних, пристроїв комутації, введення та обробки інформації, послідовно з'єднаних в систему обробки інформації.

**Ключові слова:** телекомунікаційна система, комплекс технічних засобів, параметри, достовірність, оперативність, надійність обробки інформації, складна система

**Мельник Ю.В., Пархоменко В.Л., Пархоменко В.В. Планирование работы функциональных преобразователей в телекоммуникационной системе.**

В работе предлагаются практические способы решения задачи построения расписаний обслуживания  $N$  требований системой с  $M < N$  параллельных однотипных устройств без нарушения директивных сроков, позволяющие: построить график обслуживания, то есть определить порядок постановки требований на обслуживание и оценить минимальное количество приборов в системе, обеспечивающей своевременное обслуживание всех поступивших требований. Процесс обработки заданного объема информации в телекоммуникационной системе представлен в виде последовательно соединенных функциональных преобразователей - устройств регистрации, предварительной обработки информации, аппаратуры передачи данных, устройств коммутации, ввода и обработки информации, последовательно соединенных в систему обработки информации.

**Ключевые слова:** телекоммуникационная система, комплекс технических средств, параметры, достоверность, оперативность, надежность обработки информации, сложная система

### Вступ

В роботі [1] приведені необхідні умови існування розкладу обслуговування  $N$  вимог системою з  $M < N$  паралельних однотипних пристроїв без порушення директивних термінів. Процес обробки заданого об'єму інформації в телекомунікаційній системі (ТС) можна представити у вигляді послідовно з'єднаних функціональних перетворювачів (ФП). Під ФП розуміємо пристрій реєстрації, попередньої обробки інформації, апаратури передачі даних, пристрій комутації, пристроїв введення та обробки інформації. В цілому вказаний ланцюг послідовно з'єднаних підсистем функціональних перетворювачів визначимо як система

обробки інформації (COI). Однак, припускаючи існування такого розкладу, в принципі, ці умови не дозволяють: побудувати графік обслуговування, тобто визначити порядок постановки вимог на обслуговування; оцінити мінімальну кількість приладів в системі, які забезпечують своєчасне обслуговування всіх вимог, які надійшли. Вони отримані при умові, що втрати на переналагодження при переході з обслуговування однієї вимоги на обслуговування іншої відсутні. Методика практичної побудови розкладу роботи COI повинна надати можливість отримати графік обслуговування вимог системою при мінімальній кількості пристроїв і з урахуванням втрат на переналагодження. Нехай на вхід однофазної COI, яка складається з  $M$  ідентичних паралельних пристроїв (ФП), поступає  $N > M$  вимог на обслуговування  $Q_k$ ,  $k = \overline{1, N}$ , кожне з яких може обслуговуватись на будь-якому приладі. Вимоги  $Q_k$ ,  $k = \overline{1, N}$  поступають в моменти часу  $d_k \geq 0$ , вимагають на обслуговування час  $T_k > 0$  і повинні бути опрацьовані до моменту часу  $D_k$  кожне. Передбачається, що в любий момент часу любий прилад може обслуговувати не більше однієї вимоги, причому вимога може обслуговуватися тільки одним приладом. В процесі обслуговування можливі перемикання, під якими розуміється припинення обслуговування якоїсь вимоги з наступним до обслуговуванням на тому самому або іншому пристрої, який входить в систему. Час перемикання для всіх пристроїв і вимог покладається однаковим і дорівнює  $\Delta T$ . Постановка вимоги на обслуговування і зняття повністю опрацьованої вимоги також рахується, як перемикання. Викладені положення складають методичні основи планування роботи функціональних перетворювачів.

### Виклад основного матеріалу дослідження.

#### 1. АНАЛІТИЧНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ РОЗКЛАДУ.

1.1 Нехай  $d_k = 0$ ,  $k = \overline{1, N}$ . Сформуємо для  $N$  вимог, які поступають на обслуговування, множину вимог  $Q$ , впорядкованих в порядку не убування директивних термінів, тобто  $Q = \{Q_k : D_{k+1} \geq D_k \forall k\}$ , що, як показано в [3], мінімізує максимальну часову затримку при обслуговуванні. Skorиставшись приведеним в [2] умовою існування розкладу обслуговування  $N$  вимог одним приладом без порушення директивних термінів і без переналагодження для випадку переключення з переналагодженням, отримаємо умову:

$$2k\Delta T + \sum_{i=1}^k T_i \geq D_k \forall k \in [1, N]. \quad (1)$$

Якщо умова (1) виконана, то вимоги множини  $Q$  можуть бути реалізовані без порушення директивних термінів на одному пристрої. Якщо (1) не виконується, то додаємо в систему один пристрій і розбиваємо множину вимог  $Q$  на дві взаємно не перекриваючі підмножини

$$Q^i = \{Q_j^i = Q_{i+2n}, j + 2n, \in [i, N]\}; i = 1, 2; n = 0, 1, 2, \dots$$

і вважаємо, що кожен з двох пристроїв системи обслуговує вимоги тільки однієї підмножини  $Q^i$ . Якщо вимоги  $Q_j^j$  кожної підмножини  $Q^j$ ,  $j = 1, 2$  будуть без порушення директивних термінів обслужені відповідним пристроєм, то вимоги безлічі  $Q$  будуть своєчасно обслужені COI, яка складається з двох пристроїв. Для того, щоб розклад обслуговування вимог підмножини  $Q^j$ ,  $j = 1, 2$  без порушення директивних термінів існувало, необхідно, щоб з урахуванням (1) виконувалась умова

$$2k^j \Delta T + \sum_{i=1}^{K^j} T_i^j \leq D_{K^j}, j = 1, 2; K^j = \overline{1, N^j} \quad (2)$$

де  $N^j$  – кількість вимог в  $j$ -й підмножині.

Якщо умова (2) виконується для  $j=1,2$ , то СОІ, яка складається з двох приладів, в стані обслужити всі надійшовши на її вхід вимоги без порушення директивних термінів. Якщо не виконуються, то додаємо один пристрій, розбиваємо множини на три неперервні підмножини  $Q^i = \{Q_j^i = Q_i + 3n; n = 0,1,\dots; i + 3n \in [1, N]\}, i = \overline{1,3}$  і перевіряємо виконання вимоги для  $i=1,3$ .

При невиконанні (2) хоча б для одного  $j$  додаємо ще один пристрій. Так слід робити до тих пір, поки (2) не буде виконано для всіх  $j$ . Таким чином, знаходимо кількість приладів, які забезпечують обслуговування всіх вимог без порушення директивних термінів, причому той факт, що вимоги в усіх підмножинах  $Q^i$  упорядковані в порядку не зростання директивних термінів, однозначно визначає порядок постановки їх на обслуговування.

Найдене по запропонованій методиці кількість приладів в СОІ може опинитися не мінімальним. Мінімувати кількість приладів в системі можливо наступним чином.

Нехай знайдено, що система, яка складається з  $M$  приладів, в стані обслужити всі  $N$  вимог без порушення директивних термінів. Отже, умова (2) виконано для вимог всіх  $j = \overline{1, M}$  підмножин  $Q^i$ . Розглянемо величину

$$R^i = D_{k^i}^i - 2k^i \Delta T - \sum_{j=1}^k T_j^i \geq 0, k^i = \max\{k : Q_k^i \in Q^i\}, \quad (3)$$

Представляє собою резерв часу  $j$ -го приладу системи.

Тоді при виконанні умови

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^M R^i \geq 2L^j \Delta T + \sum_{l=1}^{L^j} T_l^j, \quad (4)$$

де  $L^j = K^j$  - кількість вимог в підмножині  $Q^j$ ; хоча б для одного  $j \in [1, M]$  знайдено раніше кількість  $M$  приладів в системі може бути зменшено на один. Якщо виконується умова

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j \\ i \neq k}}^M R^i \geq 2\Delta T(L^j + L^k) + \sum_{l=1}^{L^k} T_l^k + \sum_{l=1}^{L^j} T_l^j, \quad (5)$$

то кількість приладів в системі може бути зменшена на два. Узагальнюючи (4) і (5), знаходимо, що кількість приладів в системі може бути зменшено на величину  $M'$ , рівну кількості індексів  $j$ , для яких виконується умова

$$\sum_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^M R^i \geq \sum_{\substack{i=1 \\ j \neq i}}^M \sum_{l=1}^{L^j} T_l^j + 2\Delta T \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M L^j \quad (6)$$

Приведемо випадок не одночасного надходження вимог на обслуговування.

Оскільки при не повністю завантаженої системи СОІ постановка знову вимоги, яка надійшла, на обслуговування не представляє складності, складається ситуація, коли до моменту надходження чергової вимоги  $Q_k$  система завантажена повністю (тобто всі прилади зайняті обслуговуванням і не виключена наявність черги на обслуговування). В цьому випадку в момент  $d_k$  СОІ можливо розглядати як систему, яка працює в режимі одночасного надходження вимог, які знаходяться на обслуговуванні, в черзі, і вимоги  $Q_k$ . Шукати рішення задачі про складення розкладу обслуговування без порушення директивних

терміні складання розкладу при одночасному надходженні вимог в кожен момент  $d_k$  надходження на обслуговування чергової вимоги  $Q_k$ .

При визначенні мінімально необхідної кількості приладів (пристроїв) для обробки заданої безлічі вимог багатофазної СОІ процедуру розбиття безлічі вимог  $Q$  на підмножини можливо виключити. При цьому необхідна перевірка існування розкладу моделюванням процесу обробки інформації в заданій фазі СОІ. Пропонується ряд методів, які дозволяють формалізувати процес знаходження розкладу роботи ланок багатофазної СОІ.

1.2 На  $i$ -у фазу СОІ, яка складається з  $m_i$  однотипних пристроїв, надходить на обробку в момент часу  $d_{i-1}^j$  об'єми інформації  $V_{i-1}^j, j = \overline{1, J}$ . Вони повинні бути оброблені зазначеними пристроями до моменту часу  $D_i^j$ . При цьому передбачається, що ті, які надходять в систему згідно із встановленим пріоритетом об'єми інформації займають пристрої в порядку їх звільнення. Визначимо графік  $\{d_i^j, V_i^j\}$ .

Для визначення моменту часу закінчення обробки  $V_{i-1}^j, j = \overline{1, J}$  необхідно використовувати наступні часові відношення:

$$v_i^K = d_{i-1}^K + V_{i-1}^K t_i, K \leq m_i; \quad (7)$$

$$v_i^{m+j} = \max\{v_i^{K_j}; d_{i-1}^{m+j}\} + V_{i-1}^{m+j} t_i, 1 \leq j \leq J - m_i,$$

де  $v_i^{K_j} = \min v_i^{K'}$ ;  $K' = 1 \div m_i + j - 1; K' \neq K_0, \dots, K_{j+i}$ ;

$$d_i^j = v_i^{K_j}; V_i^j = V_{i-1}^{K_j}; V_0^j = V_0^j; j = \overline{1, J};$$

$t_i$  – час обробки пристроєм одного символу інформації.

Необхідною і достатньою умовою виконання задачі є виконання нерівності  $d_i^j \leq D_i^j; j = \overline{1, J}$ , де  $D_i^j$  – момент часу закінчення обробки об'єму  $V_i^j$ .

1.3 Нехай в 1.2  $m_i = I$ . Тоді співвідношення (7) можуть бути написані в наступному вигляді

$$\begin{aligned} d_i^j &= d_{i-1}^j + V_{i-1}^j t_i; \\ d_i^j &= \frac{d_i^{j-1} + d_{i-1}^j + |d_i^{j-1} - d_{i-1}^{j-1}|}{2} + V_{i-1}^j t_i; j = \overline{2, J} \end{aligned} \quad (8)$$

1.4 Відомий графік  $\{d_N^j, V_N^j\}$  на виході  $N$ -ї фази СОІ, який підвладний часовим обмеженням  $d_N^j \leq D_N^j, j = \overline{1, J}$  на СОІ містить  $m_N$  однотипних пристроїв. Час обробки одного символу інформації –  $t_N$ . Визначимо графік на вході  $N$ -ї фази  $\{d_{N-1}^j, V_{N-1}^j\}$ . Графік  $\{d_{N-1}^j, V_{N-1}^j\}$  можливо сформулювати на основі графіку  $\{d_N^j, V_N^j\}$ , використовуючи відношення:

$$\begin{aligned} d_{N-1}^{J-K} &= d_N^{J-K} - V_N^{J-K} t_N; K = 0, 1, \dots, m_{N-1}; \\ d_{N-1}^{J-m_N} &= \min\{\max d_{N-1}^{J-K'}, d_N^{J-m_N}\} - V_N^{J-m_N} t_N; \\ d_{N-1}^{J-m_N-1} &= \min\{\max d_{N-1}^{j-K'}, d_N^{J-m_N-1}\} - V_N^{J-m_N-1} t_N; \end{aligned} \quad (9)$$

$$K' = 0 \div m_{N-1} + l - 1;$$

$$K' \neq K_0, \dots, K_{l-1};$$

$$l = \overline{1, J - m_N - 1};$$

В (9) індекс  $K_{l-1}$  дорівнює значенню  $K'$ , при якому на елементі  $d_{N-1}^{J-K'}$  буде досягнений максимум, відповідний введенню об'єму  $V^{J-m_{N-1}^l}$ . Таким чином,  $\max d_{N-1}^{J-K'}$  відшукується серед максимумів об'ємів діапазону  $V^J \div V^{J-m_{N-1}^l}$ , які оброблювались  $m_N$  пристроями в момент поступу об'єму  $V^{J-m_{N-1}^l}$ .

1.5 Задані графіки  $\{d_N^j, d_N^j\}, \{d_N^{j'}, V_N^{j'}\}$  (отримання й видачі інформації) на вході  $N$ -ї фази СОІ, яка містить  $m_N$  однотипних пристроїв. Час обробки пристроєм символу інформації -  $t_N$ . Визначимо графіки  $\{d_{N-1}^j, V^j\}$  і  $\{d_{N-1}^{j'}, V^{j'}\}$ . При розгляданні процесу обробки об'єму інформації  $\{V^j, V^{j'}\}$  порядок їх прямування невідомий. Можливо встановити довільну чергу обробки вказаних об'ємів, але такий підхід може привести до неточних і навіть неправильних результатів. Щоб налагодити графік обробки інформації необхідно прибавити до  $d_N^{j'}$  величину  $V_N^{j'} t_N$ . В результаті отримуємо приближене очікуване значення часу кінця обробки об'ємів інформації  $V^{j'}, j = \overline{1, J}$ ; виходячи із заданих моментів  $d_N^j$  і отриманих приближених значень часу кінця обробки об'ємів  $\{V^{j'}\}$  упорядкувати об'єми почергово закінченню обробки в часі. Тоді графіки  $\{d_{N-1}^j, V^j\}$  і  $\{d_{N-1}^{j'}, V^{j'}\}$  визначаються по наступним залежностям:

$$d_{N-1}^{J-K'} = d_N^{J-K'} - V^{J-K'} t_N \quad (10)$$

$$\text{або } d_{N-1}^{J-K_2} = d_N^{J-K_2} + V^{J-K_2} t_N;$$

$$0 \leq K';$$

$$K_2 \leq m_{N-1};$$

$$K' \neq K_2;$$

$$d_{N-1}^{J-m_{N-1}^l} = \min\{\max d_{N-1}^{J-K}, d_N^{J-m_{N-1}^l}\} - V^{J-m_{N-1}^l} t_N;$$

$$i \quad 0 \leq K \leq m_N + l - 1;$$

$$K = K_0, \dots, K_{l-1}; l \geq 1;$$

$$d_{N-1}^{J-m_{N-1}^l} = \max\{\min d_{N-1}^{J-K'}, d_N^{J-m_{N-1}^l}\} + V^{J-m_{N-1}^l} t_N;$$

$$\text{або } 0 \leq K' \leq m_N + l' - 1;$$

$$K' = K'_0, \dots, K'_{l'-1}; l' \geq 1;$$

$$l, l' = 0, 1, 2, \dots, J - m_N;$$

де  $d_{N-1}^{J-K}$  - моменти часу початку обробки пристроями  $j$  і  $j'$  об'ємів.

$d_{N-1}^{J-K'}$  - моменту часу кінця обробки пристроями  $j$  і  $j'$  об'ємів.

В (10) індекс  $K_{i-1}$  дорівнює значення  $K$ , при якому на елементі  $d_{N-1}^{J-K}$  буде досягнутий мінімум, а  $K' l^i - 1$  дорівнює значенню  $K'$ , при якому на елементі  $d_{N-1}^{J-K'}$  буде досягнутий максимум. Таким чином:  $\max d_{N-1}^{J-K}$  і  $\min d_{N-1}^{J-K'}$  відшуковуються серед максимумів об'ємів  $j$  і

$j'$ , які останніми оброблялись на  $m_N$  пристроях, відповідно часу введення конкретних об'ємів  $j$  або  $j'$ .

## 2. ГРАФІЧНЕ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПОБУДУВАННЯ РОЗКЛАДУ.

2.1 При аналітичному будівництві розкладу обслуговування вимог системою СОІ без порушення директивних термінів вирішення виходить громіздким при неодноразовому надходженні вимог на обслуговування. В цьому випадку при невеликій (порядку десяти) кількості вимог на обробку більше прийнятним стає графічний спосіб побудови розкладу.

Для переходу до графічної побудови розкладу введемо для вимог, які надходять на обслуговування, поняття резерву часу [3], визначеного співвідношенням

$$R_i = D_i - T_i - d_i, i = \overline{1, N} \quad (11)$$

З урахуванням (11), (1) та перепишемо у вигляді

$$2k\Delta T + \sum_{i=1}^{K-1} T_i \leq R_K, \forall K \in [1, N] \quad (12)$$

З (12) слідує, що допустимою нижньою границею  $R_K^0$  резерву  $R_K$  для  $K$ -ої вимоги множини  $Q$  є величина

$$R_K^0 = 2k\Delta T + \sum_{i=1}^{K-1} T_i, \forall K \in [1, N] \quad (13)$$

Якщо  $K$  вимога,  $K = \overline{1, N}$  має резерв менший, ніж той, що потребується співвідношеннями (12), (13), то на одному приладі обслужити  $N$  вимог неможливо. Резерв часу для вимог, які знаходяться в черзі, зменшиться в часі лінійно, тобто

$$R_K(t) = R_K(d_K) - t \quad (14)$$

Резерв часу вимог, які обслуговуються системою, залишається постійним. Якщо  $R_K = R_K^0$ , то із (14) слідує, що рівність нулю, а точніше подвоєному часу перемикавання, в деякий момент часу є умова негайного встановлення його на обслуговування. Графічне рішення задачі побудови розкладів без порушення директивних термінів потрібно шукати так: в точках осі координат, відповідних моментам надходження вимог на обслуговування, відкладаються в напрямі, перпендикулярному осі координат, резерви часу, які надходять на обслуговування вимог. Як при постановці вимоги на обслуговування, так і при знятті його резерв зменшиться на величину часу перемикавання. Якщо вимога знаходиться в черзі, то його резерв лінійно зменшується. Якщо виявиться, що кількість вимог з нульовими резервами перевищує кількість пристроїв в системі, то необхідно додати один пристрій і повторити процедуру надходження розкладу спочатку.

Для пояснення графічного способу побудови розкладу роботи СОІ наводимо неділька прикладів.

2.2. Одночасне надходження вимог. Нехай в момент часу  $d_K = 0$  на вхід системи надходять шість вимог з  $T_K$  і  $D_K$ ,  $K=1,6$ , заданими в умовних одиницях табл. 1.

$K$	1	2	3	4	5	6
$T_K$	12	10	10	1,5	3,5	49
$D_K$	20	19	12,5	11	13,5	62

Знайдемо, відповідно з (11), резерви часу, які надходять на обслуговування вимог  $R_1=8$ ;  $R_2=9$ ;  $R_3=2,5$ ;  $R_4=9,5$ ;  $R_5=10$ ;  $R_6=13$  і відкладемо їх значення на осі абсцис (Рис.1) в точці  $t=0$ . Пунктиром на всіх малюнках проведена лінія, яка відповідає величині  $2\Delta T$ , яка для всіх прикладів прийнята однаковою умовної одиниці часу. Упорядкувавши вимоги в порядку не

зменшення директивних термінів  $Q=\{Q_4, Q_3, Q_5, Q_2, Q_1, Q_6\}$ , знаходимо, що першим на обслуговування в систему, що складається з одного пристрою, потрібно встановити вимогу  $Q_4$ . При цьому його резерв зменшиться на  $2\Delta T$  і далі буде залишатися постійним (зменшення резерву за рахунок часу переналагодження на всіх малюнках позначено точковою лінією), а резерви всіх інших вимог будуть спадати пропорційно часу.

До моменту часу  $t=2$  резерв часу  $R_3$  вимоги стане рівним  $2\Delta T$  і його необхідно встановити на обслуговування. До цього моменту буде завершено обслуговування вимоги  $Q_4$ . Перемикання системи на обслуговування вимоги  $Q_3$  не визиває труднощів.

Вимога  $Q_3$  потребує на обслуговування  $T_3=10$  одиниць часу, але до моменту часу  $t=7,5$  резерв  $R_1$  потреби  $Q_1$  стане рівним і потреба повинна бути поставлена на обслуговування. Так як до моменту часу  $t=7,5$  обслуговування  $Q_3$ , уже не маючого резерву, ще не буде завершено, то СОІ, яка складається з одного приладу, в розглянутому прикладі не забезпечує розклади без порушення директивних термінів.

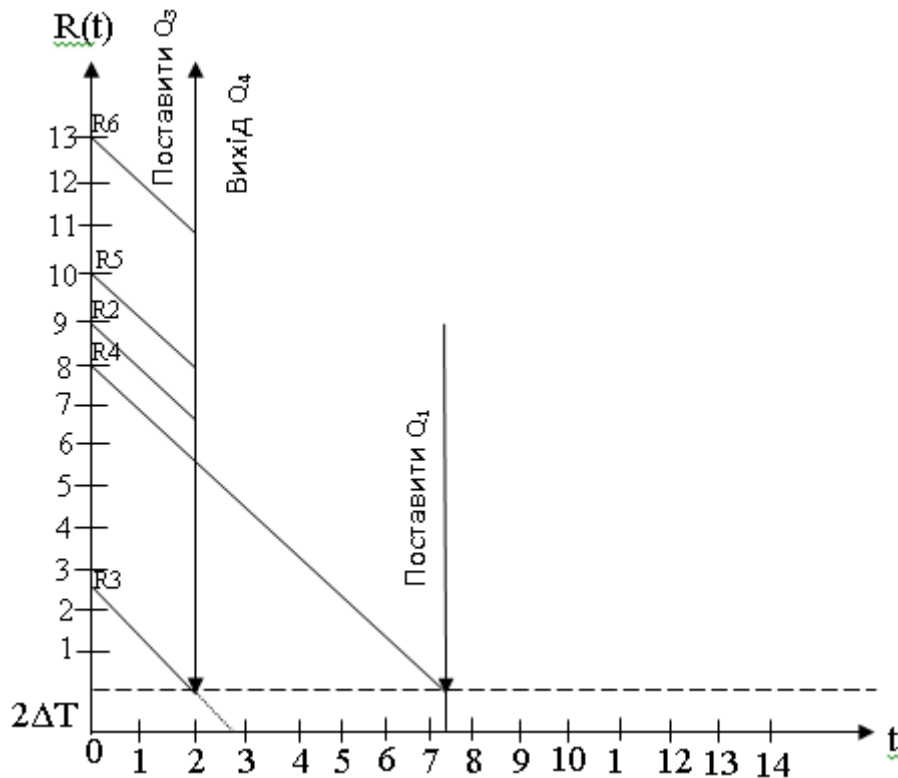


Рис. 1

Додамо в систему один прилад. В цьому випадку в момент часу  $t=0$  на обслуговування ставляться вимоги  $Q_3$  і  $Q_4$ . Їх резерви (Рис.2) зменшуються на величину  $2\Delta T$ , а резерви інших вимог – пропорційно часу. До моменту часу  $t=2$  обслуговування вимоги  $Q_4$  буде завершено. Воно буде знято з системи і на обслуговування поставлено вимогу  $Q_5$ . Його резерв при цьому зменшиться на  $2\Delta T$  і далі змінюватись не буде, а резерви вимог  $Q_2, Q_1$  і  $Q_6$  будуть продовжувати зменшуватись.

До моменту часу  $t=6$  буде закінчено обслуговування вимоги  $Q_5$ . Воно знімається з системи і на обслуговування встановлюється вимога  $Q_2$ .

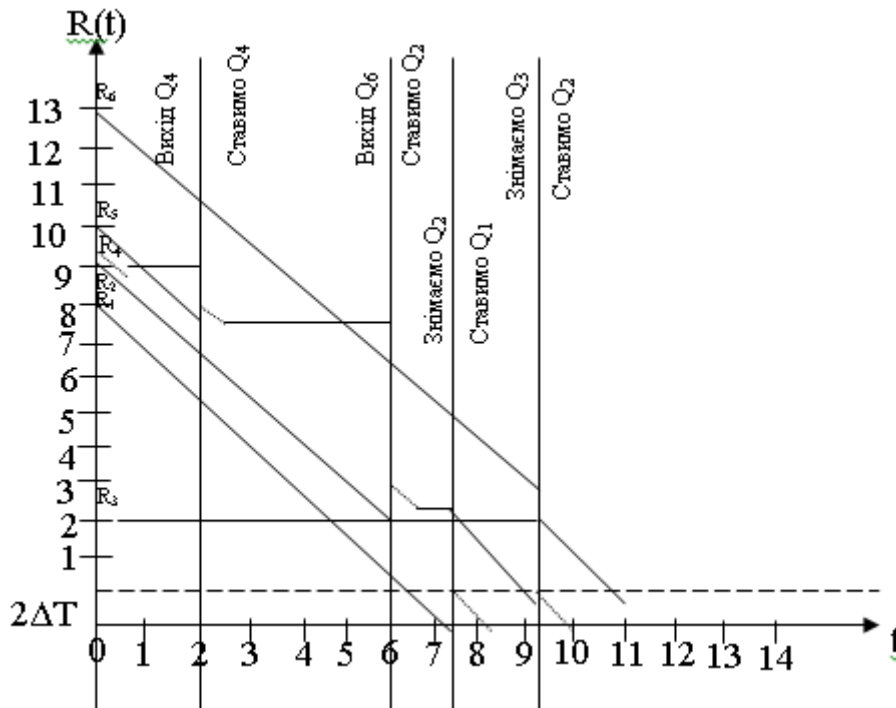


Рис. 2

До моменту часу  $t=7,5$  одиниць резерв  $R_1$  вимоги  $Q_1$  стає рівним  $2\Delta T$ , тобто вимогу  $Q_1$  необхідно встановлювати на обслуговування. В свою чергу, на обслуговуванні знаходиться вимога  $Q_3$  і  $Q_2$ . Знімаємо  $Q_2$  як вимогу, яка має великий резерв часу  $R_2$ . Відмітимо, що після постановки на обслуговування вимог  $Q_1$  його резерв становиться рівним нулю. Починаючи з  $t=7,5$  на обслуговуванні будуть знаходитись вимоги  $Q_1$  і  $Q_3$ , а в черзі  $Q_2$  і  $Q_6$ .

До моменту часу  $t=9,5$  резерв часу  $R_2$  вимог  $Q_2$  стає рівним  $2\Delta T$  і, так як в цей момент часу із обслуговуваних вимог  $Q_1$  і  $Q_3$  резервом володіє тільки вимога  $Q_3$  (причому,  $R_1=0$ ), то вимога  $Q_3$  знімається з обробки і на її місце встановлюється вимога  $Q_2$ .

В моменту часу  $t=11$  одиниць резерв  $R_3$  вимоги  $Q_3$  стане рівним  $2\Delta T$ . Але обслуговування вимог  $Q_1$  і  $Q_2$ , які мають нульовий резерв, ще не закінчено, СОІ із 2-х приладів в розглядуваному прикладі не в стані обслуговувати всі вимоги без порушення директивних термінів.

Додаємо в систему третій пристрій. В цьому випадку в момент  $t=0$  на обслуговування стають вимоги  $Q_4$ ,  $Q_3$  і  $Q_6$  (Рис.3).

В момент часу  $t=2$  одиниці закінчують обслуговування вимог  $Q_4$ . Воно знімається з системи і на його місце встановлюється вимога  $Q_2$ . В момент часу  $t=4$  одиниці закінчується обслуговування вимог  $Q_5$ . Знімаємо його з системи і ставимо на обслуговування вимоги  $Q_1$ .

В момент часу  $t=10,5$  одиниці закінчують обслуговування вимоги  $Q_5$  і на обслуговування встановлюється вимога  $Q_6$ . В прикладі, для забезпечення розкладу без порушення директивних термінів необхідно, щоб СОІ складалася із трьох приладів.

Графік постановки вимог, що надійшли на обслуговування слідує із Рис.3.

### 2.3 Рівномірне надходження вимог.

Нехай на вхід СОІ поступає шість вимог з  $d_K T_K$  і  $D_K$  ( $K = \overline{1,6}$ ), які були приведені в умовних одиницях в табл.2.

K	1	2	3	4	5	6
$d_K$	2,5	3	1	3,5	1,5	0
$T_K$	12	10	10	1,5	3,5	49
$D_K$	22,5	22	13,5	14,5	15	62



Знайдемо резерви, які поступають на обслуговування вимог. Відповідно з (11) маємо  $R_1=8$ ;  $R_2=9$ ;  $R_3=2,5$ ;  $R_4=9,5$ ;  $R_5=10$ ;  $R_6=13$ . Нехай СОІ складається з одного приладу. В момент  $t=0$  на вхід системи, як це видно з табл. 2, поступає тільки одна вимога  $Q_6$ , її і ставимо на обслуговування (Рис.4).

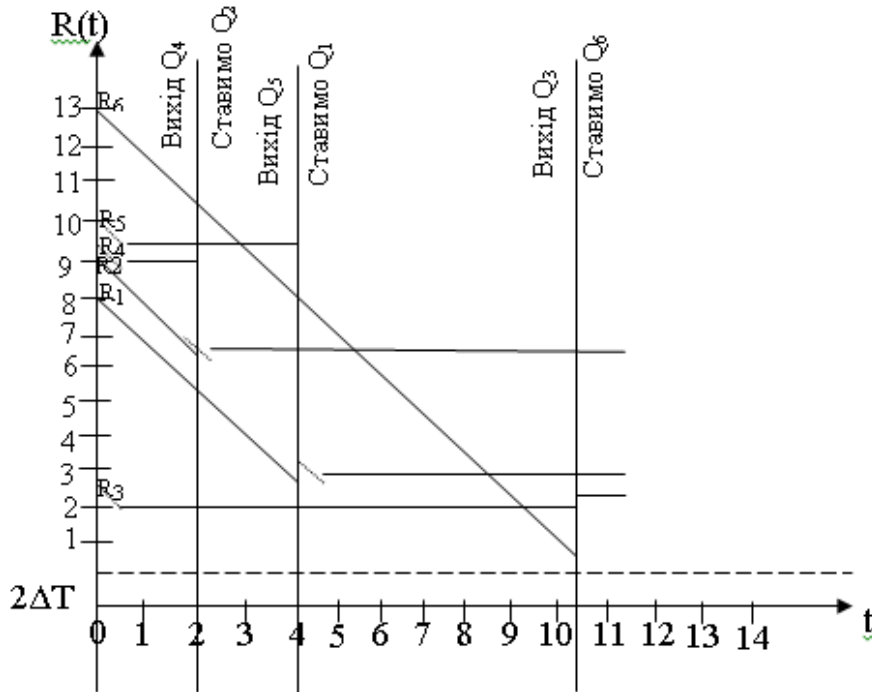


Рис. 3

В момент  $t=1$  на обслуговування поступає вимога  $Q_3$ . Сформуємо безліч вимог  $Q=\{Q_3, Q_6\}$ , упорядкованих в порядку не убування директивних термінів. Вимога  $Q_6$  з обслуговування необхідно зняти і поставити вимогу  $Q_3$ . В момент  $t=1,5$  на вхід системи поступає вимога  $Q_5$ . Сформуємо нову безліч вимог, впорядкованих в порядку не убування директивних термінів  $Q=\{Q_3, Q_5, Q_6\}$ . Вимоги  $Q_3$  залишається на обслуговуванні, а вимога  $Q_5$  встановлюється в чергу.

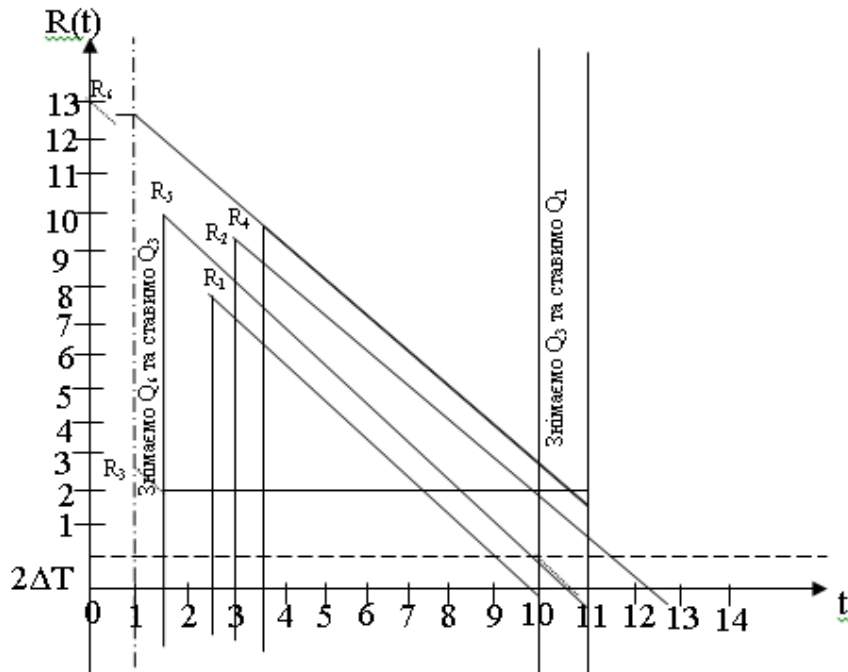


Рис. 4

В момент часу  $t=2,5$  на обслуговування поступає вимога  $Q_1$  і безліч вимог  $Q$  приймає вигляд  $Q=\{Q_3, Q_5, Q_1, Q_6\}$ . Отже, вимога  $Q_1$ , як раніше і вимога  $Q_5$ , встановлюється в чергу. В момент  $t=3$  на обслуговування поступає вимога  $Q_2$ , яка також встановлюється в чергу. То же відбудеться і в момент  $t \neq 3,5$ , коли на вхід системи поступає вимога  $Q_4$ .

В момент  $t=10$  резерв часу  $R_1$  вимоги  $Q_1$  стане рівним  $2\Delta T$ . Знімаємо з обслуговування вимогу  $Q_3$  і ставимо на обслуговування вимогу  $Q_1$ .

В момент часу  $t=11$  дорівнює  $2\Delta T$  стане резерв  $R_5$  вимоги  $Q_5$ . Але вимогу  $Q_1$  зняти з обслуговування неможливо в силу рівності нулю його резерву. Одного приладу для обслуговування надійшовших вимог недостатньо. Додаємо в систему один прилад. Як і при одному приладі, надходячи в момент  $t=0$  вимога  $Q_6$  зразу же стає на обслуговування (Рис.5).

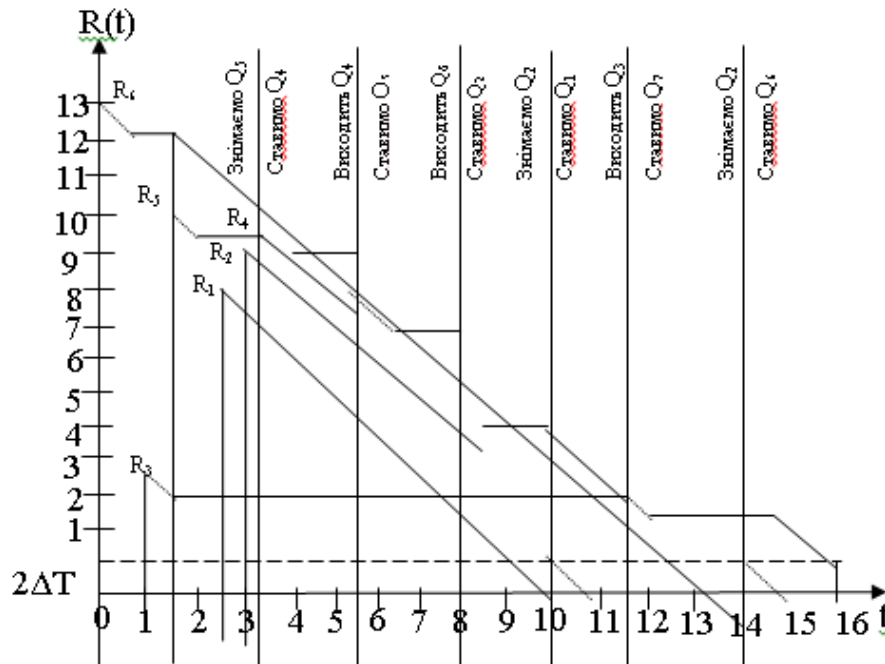


Рис. 5

Так само чинимо і з вимогою  $Q_3$ , яке подається на систему в момент  $t=1$ . В момент часу  $t=1,5$  на систему поступить вимога  $Q_5$ . Тоді безліч вимог, упорядкованих в порядку не убування директивних термінів, буде безліч  $Q=\{Q_3, Q_5, Q_6\}$ .

Необхідність зняти з обслуговування вимоги  $Q_6$  і поставити на обслуговування вимоги  $Q_5$ .

В момент  $t=2,5$  на вхід системи поступає вимога  $Q_1$ . Для безлічі  $Q$  маємо  $Q=\{Q_3, Q_5, Q_1, Q_6\}$ , тобто вимога  $Q_1$  встановлюється в чергу і система продовжує обслуговувати вимоги  $Q_3$  і  $Q_5$ .

В момент  $t=3$  на систему поступає вимога  $Q_2$ . В результаті отримаємо безліч  $Q=\{Q_3, Q_5, Q_2, Q_1, Q_6\}$ , тобто, як і в момент  $t=2,5$ , на обслуговування залишається вимога  $Q_4$ . При цьому безліч  $Q$  буде мати структуру  $Q=\{Q_3, Q_4, Q_5, Q_2, Q_4, Q_6\}$ . З обслуговування слідує зняти вимогу  $Q_5$  і ввести в систему вимогу  $Q_4$ . Обслуговування вимоги  $Q_4$  буде закінчено через півтори одиниці часу. При цьому безліччю вимог, упорядкованих в порядку не убування директивних термінів, стає  $Q=\{Q_3, Q_5, Q_2, Q_1, Q_6\}$ .

На обслуговування, а точніше, на дообслуговування, встановлюється вимога  $Q_5$ .

В момент  $t=8$  обслуговування вимоги  $Q_2$ . В момент  $t=10$  резерв часу вимоги  $Q_1$  стає рівним  $2\Delta T$ . Оскільки директивний термін  $D_3$  вимоги  $Q_3$  менше директивного терміна  $D_2$  вимоги  $Q_2$ , то з обслуговування знімаємо вимогу  $t=11,5$  і в систему буде повернена вимога  $Q_2$ . В момент часу  $t=14$  резерв часу  $R_6$  вимоги  $Q_6$  стає рівним  $2\Delta T$ . Оскільки вимога  $Q_1$  має резерв часу, який дорівнює нулю, то з обслуговування знімаємо вимогу  $Q_2$  і замість нього ставимо вимогу  $Q_6$ .

В момент  $t=16,5$  стає рівним  $2\Delta T$  резерв часу вимоги  $Q_2$ , але ні вимога  $Q_1$ , ні вимога  $Q_6$  з обслуговуванням зняти неможливо, так як їх резерви дорівнюють нулю. Система з двох пристроїв в розглянутому випадку не може обслуговувати всі вимоги без порушення директивних термінів.

Добавимо в систему третій прилад. При цьому вимога  $Q_6$ ,  $Q_4$  і  $Q_5$  будуть встановлюється на обслуговування в порядку їх надходження (Рис.6).

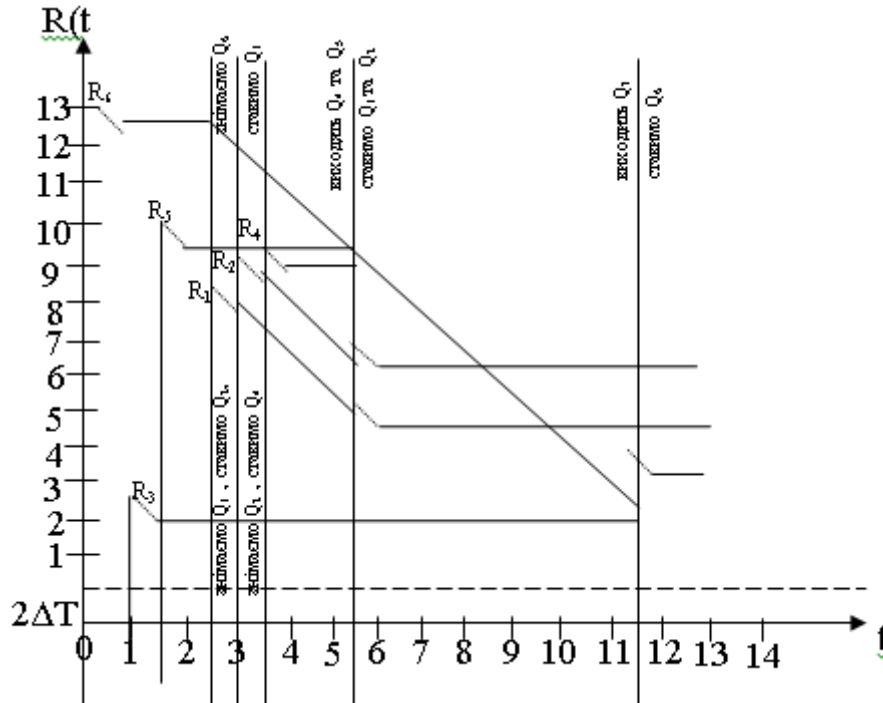


Рис. 6

В момент часу  $t=2,5$  на обслуговування поступає вимога  $Q_1$  і безліч  $Q$  приймає вигляд  $Q=\{Q_3, Q_5, Q_1, Q_6\}$ . Вимога  $Q_6$  знімаємо з обслуговування і ставимо замість нього вимога  $Q_1$ .

В момент  $t=3$  на вхід системи поступає вимога  $Q_2$ . З урахування того, що  $Q=\{Q_3, Q_5, Q_2, Q_1, Q_6\}$ , вимога  $Q_1$  з обслуговування знімаємо і ставимо на обслуговування вимоги  $Q_2$ .

В момент часу  $t=3,5$  на систему поступить обслуговування  $Q_4$  і безліч  $Q$  перетворюється до вигляду  $Q_3=\{Q_3, Q_4, Q_5, Q_2, Q_1, Q_6\}$ . Отже, вимога  $Q_2$  з обслуговування необхідно зняти і на його місце поставити вимогу  $Q_4$ .

В момент  $t=5,5$  закінчується обслуговування вимоги  $Q_4$  і  $Q_5$ . При цьому для безлічі  $Q$  маємо:  $Q=\{Q_3, Q_2, Q_1, Q_6\}$ , а значить на дообслуговування повертається вимога  $Q_2$  і  $Q_1$ .

В момент  $t=11,5$  закінчується обслуговування вимоги  $Q_3$  на обслуговування становиться вимога  $Q_6$ . Система, яка складається з трьох приладів, забезпечує обслуговування вступних на неї вимог без порушення директивних термінів.

Графік постановки вимог на обслуговування зображений на Рис.6.

### Висновки

Несистемний підхід до вирішення завдання вибору КТЗ для СОІ не дозволяє коректно побудувати графік роботи системи в цілому, крім того, відомі технічні матеріали з побудови систем взагалі не містять методик визначення графіка роботи СОІ.

Однак, необхідність упорядкування роботи системи призводить до емпіричного пошуку графіків, викликає значні часові та матеріальні витрати.

Графіки роботи системи набувають особливої важливості на етапі впровадження ТС, коли виникає необхідність корекції роботи системи в зв'язку з впливом неврахованих впливів, що обурюють. За їх допомогою проводиться пошук резервів як тимчасових, так і

структурних для усунення причин, що викликають нестабільність в роботі системи. Для визначення ступеня нестійкої роботи необхідна залежність, що дозволяє оцінити вплив надійності та інших параметрів технічних засобів на своєчасність доставки обсягу інформації споживачеві. Надалі на етапі експлуатації системи графіки роботи системи і вказані залежності складають основу спеціальних програм для щоденної корекції роботи системи.

### Список використаної літератури

1. Гордон В.С. Детерміновані одно стадійні системи обслуговування з перериванням процесу обслуговування, Сб. «Обчислювальна техніка в машинобудівництві», Мінськ, 1973, червень.
2. Танасв В.С., Шкурба В.В. Введення в теорію розкладів. М., «Наука», 1975.
3. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В. Теорія розкладів. М., «Наука», 1975.
4. Пархоменко В.В. Формалізована задача побудови раціональної телекомунікаційної системи / Ю.В. Мельник, В.Л. Пархоменко, В.В. Пархоменко // «Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку». – 2018. – № 4(52). – С. 34-39.
5. Пархоменко В.В. Вплив методів введення інформаційної надмірності на обмеження за достовірністю і оперативністю обробки інформації у телекомунікаційній системі / Ю.В. Мельник, В.Л. Пархоменко, В.В. Пархоменко // «Телекомунікаційні та інформаційні технології». – 2018. – №3(60). – С. 55-63.
6. Пархоменко В.В. Обмеження на достовірність обробки інформації в телекомунікаційній системі, критерій для порівняння конкурентоздатних варіантів / Ю.В. Мельник, В.Л. Пархоменко, В.В. Пархоменко // «Зв'язок». – 2018. – №4(134). – С. 11-16.
7. Пархоменко В.В. Метод моделирования процессов обработки информации для построения рациональной телекоммуникационной системы / Ю.В. Мельник, В.Л. Пархоменко, В.В. Пархоменко // «Веснік сувязі». – Мінск, Рэспубліка Беларусь. - 2019. – № 2(154). – С. 53-57.
8. Пархоменко В.В. Обмеження на оперативність обробки інформації та надійність функціональних перетворювачів телекомунікаційної системи / Ю.В. Мельник, В.Л. Пархоменко, В.В. Пархоменко // «Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку». – 2019. – № 1(53). – С. 12-23.

### *Автори статті*

**Мельник Юрій Віталійович** – доктор технічних наук, завідувач кафедри Телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Пархоменко Володимир Лукич** – кандидат технічних наук, доцент кафедри Мобільних та відеоінформаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Пархоменко Вячеслав Володимирович** – здобувач кафедри Телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

### *Authors of the article*

**Melnik Yuriy Vitaliyovych** – doctor of Science (technic), Head of the Department of Telecommunication Technologies, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Parkhomenko Volodymyr Lukych** – candidate of Science (technic), assistant professor of the Department of Mobile and Video Information Technologies, State university of telecommunications Kyiv, Ukraine.

**Parkhomenko Viacheslav Volodymyrovych** – candidate of the Department of Telecommunication Technologies, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 15.05.2019 р.

Рецензент: д.т.н., доцент В.Ф. Заїка