

УДК 004.6

ІГОР СУБАЧ,  
ОЛЕКСАНДР ЧАУЗОВ,  
НІНА КУЧУК**МЕТОД РІШЕННЯ ЗАДАЧІ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ В АСУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПРИ ВАРІАТИВНОМУ РОЗМІРІ ІНФОРМАЦІЙНИХ БЛОКІВ**

У даній статті проведено аналіз особливостей задачі розподілу інформаційного ресурсу при варіативному розмірі інформаційних блоків, що виникають при функціонуванні АСУ спеціального призначення. Сформульована задача класифікується як задача нелінійного програмування. На основі проведеного аналізу запропонований метод рішення. Показано, що найбільш доцільно в даному випадку використовувати удосконалений метод множників Лагранжа, що є методом перетворення вихідної задачі з обмеженнями в задачу без обмежень. Застосування запропонованого методу для рішення поставленої задачі має ряд особливостей: метод застосовується для рішення задачі нелінійного цілочисельного програмування; до методу додана додаткова перевірка, тобто в ході рішення точки, які «підозрюються» на екстремум, перевіряються на виконання достатніх умов, чим забезпечується відсікання неоптимальних рішень та зниження часу рішення задачі. Наведено алгоритм реалізації запропонованого методу. Приведені результати тестування алгоритму. Також проаналізована залежність часу рішення задачі від різних вхідних параметрів.

**Ключові слова:** інформаційний ресурс, інформаційно-телекомунікаційна мережа, метод множників Лагранжа.

**Особливості реалізації задач розподілу інформаційного ресурсу.** Аналіз функціонування інформаційних підсистем (ІПС) АСУ спеціального призначення (СП) показав, що метод розподілу інформаційного ресурсу базової інформаційно-телекомунікаційної мережі (ІТМ) для забезпечення функціонування складових частин системи у значній мірі визначає її продуктивність. Обмін інформацією між транзакціями ІПС та базами даних (БД) здійснюється інформаційними блоками (ІБ), що ізоморфні базовим елементарним складовим БД. Як показано в [2], вибір методу розподілу інформаційного ресурсу суттєво залежить від організації доступу до БД, причому найбільш суттєві складнощі виникають при варіативному розмірі ІБ. Пошук оптимального значення обраної цільової функції проводиться шляхом складання плану розподілу ресурсів між запитами із вхідного нестационарного потоку, враховуючи при цьому особливості завдань, котрі вирішуються системою. Підвищення якості обслуговування користувачів ІТМ АСУ СП по обробці запитів у частині, що стосується результативності обробки запитів, потребує розробки розподіленої системи планування, що опирається на використання моделей запитів і потоку запитів, а також обчислювальної підсистеми. Найбільш простий варіант розподілу – при фіксованому розмірі інформаційних блоків, найбільш складний – при варіативному розмірі.

**Аналіз останніх досліджень.** У ряді літературних джерел [1-7] описані методи рішення задачі розподілу інформаційного ресурсу. Зокрема, у [1] розглянуто методи, що використовуються при фіксованому розмірі інформаційних блоків. У [4] при розподілі інформаційного ресурсу проаналізовані нестационарні потоки, але тільки для негетерогенних систем. Також у більшості робіт [1-3, 5-7] не врахований аналіз втрат системи при несвоєчасному виконанні деяких запитів, тобто дані методи не відповідають вимогам до систем оперативної обробки транзакцій.

**Постановка задачі та мета статті.** Математичні моделі, розглянуті у [11] та [12] приводять до загальної постановки задачі розподілу інформаційних блоків:

потрібно знайти вектор  $\bar{y} \in R^N$ , при якому досягається мінімум функції:

$$T(\bar{y}) = \sum_{j=1}^N (t_j - t_{j+1})\psi(y_j) \quad (1)$$

при обмеженні на середній час доступу:

$$\sum_{j=1}^N (f_j - f_{j+1})y_j \leq F_{max}, \quad f_j, y_j \in R^N \quad \forall j = \overline{1, N}, \quad (2)$$

де  $y_j$  – задіяний ресурс для обробки та розміщення інформаційних блоків,

$F_{max}$  – максимально можливі сумарні витрати,

$f_j$  – витрати на вузлі типу  $j$ .

Сформульована задача класифікується як задача нелінійного програмування в силу нелінійності функції  $\psi(\bar{y})$  – функції розподілу випадкової величину задіяного ресурсу ІТМ для обробки та розміщення інформаційних блоків [10]. **Мета статті** – розглянути способи вирішення даної задачі, які враховують особливості побудови та функціонування АСУ спеціального призначення при варіативному розмірі інформаційних блоків, а також запропонувати метод та алгоритм її рішення.

**Розробка методу рішення задачі розподілу інформаційного ресурсу.** Для рішення загально сформульованої задачі розподілу інформаційного ресурсу, що наведена в [11] доцільно використовувати метод множників Лагранжа [10], що є методом перетворення вихідної задачі з обмеженнями (задача умовної оптимізації) в задачу без обмежень (задача безумовної оптимізації). Така процедура застосовувалася до рішення схожого класу задач в роботі [10]. Застосування методу множників Лагранжа для рішення поставленої задачі має ряд особливостей:

метод застосовується для рішення задачі нелінійного цілочисельного програмування;

до методу додана додаткова перевірка, тобто в ході рішення точки, які «підозрюються» на екстремум, перевіряються на виконання достатніх умов, чим забезпечується відсікання неоптимальних рішень та зниження часу рішення задачі.

Метод отримання необхідних умов у задачах знаходження мінімуму цільової функції на опуклій множині  $X_\alpha$  полягає у використанні множників Лагранжа  $\lambda_j, j = \overline{0, J}$  та побудови узагальненої цільової функції Лагранжа [10]:

$$L(x, \lambda) = \lambda_0 F(x) + \sum_{j=1}^m \lambda_j q_j(x) + \sum_{j=m+1}^J \lambda_j h_j(x). \quad (3)$$

Детальний опис класичного методу множників Лагранжа та дослідження його переваг та обчислювальних труднощів, що виникають при застосуванні його на конкретних прикладах, можна знайти в [10].

Попередньо відмовимося від умови невід'ємності змінних  $y_j$  та обмеження нерівності (2) замінимо на обмеження типу рівності за рахунок вводу додаткових змінних (сутність змінних – наявність резерву за відповідним обмеженням). Для задачі з обмеженнями типу рівностей функція Лагранжа записується таким чином:

$$L(\bar{y}, \lambda) = T(\bar{y}) + \lambda \left( \sum_{j=1}^N (f_j - f_{j+1})y_j - F_{max} \right). \quad (4)$$

Необхідні умови стаціонарності функції Лагранжа (4) мають вигляд:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial y_j} = \frac{\partial T}{\partial y_j} + \lambda(f_j - f_{j+1}) = 0, & j = \overline{1, N}, \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{j=1}^N (f_j - f_{j+1}) - F_{\max} = 0. \end{cases} \quad (5)$$

З (4) отримаємо:

$$\frac{\partial T}{\partial y_j} = (t_j - t_{j+1})\varphi(y_j), \quad (6)$$

де 
$$\varphi(y_j) = \frac{\partial \psi(y_j)}{\partial y_j}, \quad j = \overline{1, N}. \quad (7)$$

Компоненти вектор-функції  $\varphi(y_j)$  безпосередньо пов'язані з компонентами вектор-функції  $f(y_j)$  щільності ймовірності випадкової величини  $Y$ :

$$\varphi(y_j) = f(y_{j+1}) = \frac{\partial F(y_{j+1})}{\partial y_{j+1}}, \quad j = \overline{1, N}. \quad (8)$$

Виразивши множник Лагранжа з умови відносно змінної  $y_{j-1}$ , тобто  $\frac{\partial L}{\partial y_{j-1}} = 0$ , отримаємо систему рівнянь для пошуку компонент вектора  $\bar{y}$ .

$$\frac{t_j - t_{j-1}}{f_{j-1} - f_j} \varphi(y_{j-1}) = \frac{t_{j+1} - t_j}{f_j - f_{j+1}} \varphi(y_j), \quad j = \overline{\tilde{j}, N}, \quad \tilde{j} \in \overline{2, N}. \quad (9)$$

Крім того, весь інформаційний ресурс повинен знаходитися в блоках задіяних вузлів обслуговування інформаційних підсистем (ІПС), тобто:

$$\sum_{j=\tilde{j}}^N y_j^0 = \sum_{i=1}^M W_i, \quad (10)$$

або 
$$y_N - y_{\tilde{j}-1} = \sum_{i=1}^M W_i, \quad (11)$$

де  $W_i$  – сумарний об'єм ІБ, необхідних транзакції з номером  $i$ ,  
 $M$  – кількість конкуруючих транзакцій.

Вимоги щодо виконання обмеження на максимально допустимий розмір приведених витрат  $F$  врахуємо в співвідношенні:

$$f = F_{\max}.$$

Якщо в ході рішення задачі знайдено вектор  $\bar{y}^* = (y_1^*, \dots, y_{\tilde{j}}^*)$ ,  $\tilde{j} \in \overline{1, N}$ , який сумісно з множником  $\lambda^*$  задовольняє необхідним умовам, то для того, щоб функція  $L(\bar{y}, \lambda)$  мала в точці  $(y^*, \lambda^*)$  мінімум, перевіряються достатні умови мінімуму.

В [10] сформульовані достатні умови досягнення мінімуму функції  $L(\bar{y}, \lambda)$  в точці  $(\bar{y}^*, \lambda^*)$ . Якщо квадратична форма

$$d^2 L = \lambda^* \left[ (t_1 - t_2) \frac{\partial^2 \psi(y_1^*)}{\partial y_1^{*2}} dy_1^2 + \dots + (t_{\tilde{j}} - t_{\tilde{j}+1}) \frac{\partial^2 \psi(y_{\tilde{j}}^*)}{\partial y_{\tilde{j}}^{*2}} dy_{\tilde{j}}^2 \right] > 0 \quad (12)$$

за умови 
$$(f_1 - f_2) dy_1 + \dots + (f_{\tilde{j}} - f_{\tilde{j}+1}) dy_{\tilde{j}} = 0$$

позитивно визначається відносно диференціалів  $dy_1, \dots, dy_{\tilde{j}}$ , то точка  $(\bar{y}^*, \lambda^*)$  є точкою мінімуму функції  $L(\bar{y}, \lambda)$ .

Зробимо ряд зауважень:

1) функція  $\varphi(y)$  – монотонно зростаюча функція.

2) послідовність  $\frac{t_{j+1} - t_j}{f_j - f_{j+1}}$ ,  $(j = \overline{1, N})$  – монотонно незростаюча послідовність для всіх

$j$ . Якщо якийсь з вузлів не задовольняє даній вимозі, то його потрібно виключити з розгляду до формалізації задачі.

Далі приведемо алгоритм рішення задачі розподілу інформаційного ресурсу при варіативному розмірі його інформаційних блоків.

Компоненти  $y_j^0$ , шуканого вектора  $\bar{y}^0$  повинні вдовольняти попередньо наведеним співвідношенням. Спочатку весь інформаційний ресурс розміщують на тому типі вузла, що має найбільший час доступу (з номером  $N$ ), наприклад, кластер відповідного типу, тобто  $\tilde{j} = N$  і для знаходження  $y_N^0$  обчислюються компоненти  $y_N$  та  $y_{N-1}$ . При реалізації

такого розміщення  $y_N^0 = M \cdot \sum_{i=1}^M W_i$ . Якщо на даному етапі виконується попередні співвідношення, то рішення задачі (1) – (2) знайдено. В іншому випадку включаємо до розгляду вузол з номером  $N-1$ , тобто  $\tilde{j} = N-1$ . При цьому маємо три невідомих  $y_{N-2}$ ,  $y_{N-1}$ ,  $y_N$ , що визначається сумісним рішенням попередніх рівнянь та перевіркою достатніх умов мінімуму (12). Якщо рішення не знайдено, то вводимо до розгляду новий тип вузла (з номером  $\tilde{j} = N-2$ ) і так далі.

Потрібно відмітити, що після початкового рішення задачі деякі компоненти  $y_j$  можуть бути від'ємними за рахунок деяких штучних перетворень, що є недопустимим. З метою виключення від'ємних значень  $y_j$  їх послідовно замінюють нулями і дане рішення ітеративно повторюється для тих типів вузлів, для яких  $y_j$  не є нульовим. Процес завершується при переборі усіх типів вузлів.

**Тестування результатів.** Залежність часу рішення задачі від різних вхідних параметрів, що отримана при тестування метода рішення задачі розподілу інформаційного ресурсу для варіативного розміру інформаційних блоків з використанням удосконаленого методу множників Лагранжа, наведена на рис. 1.

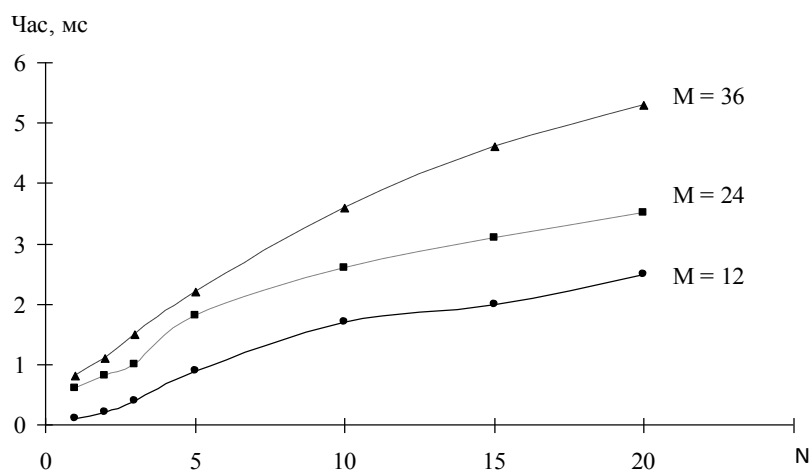


Рисунок 1 – Залежність часу рішення задачі від її розмірності

**Висновки.** Проведено аналіз особливостей задачі розподілу інформаційного ресурсу при варіативному розмірі інформаційних блоків, що виникають при функціонуванні АСУ спеціального призначення. На основі проведеного аналізу запропонований метод рішення. Показано, що найбільш доцільно в даному випадку використовувати удосконалений метод множників Лагранжа. Застосування запропонованого методу для рішення поставленої задачі має ряд особливостей: метод застосовується для рішення задачі нелінійного цілочисельного програмування; до методу додана додаткова перевірка, тобто в ході рішення точки, які «підозрюються» на екстремум, перевіряються на виконання достатніх умов, чим забезпечується відсікання неоптимальних рішень та зниження часу рішення задачі. Наведено алгоритм реалізації запропонованого методу. Приведені результати тестування алгоритму. Проаналізована залежність часу рішення задачі від різних вхідних параметрів.

**Напрямом подальших досліджень** є розробка системи моделювання процесів управління ресурсами інформаційно-телекомунікаційної мережі та проведення оцінки ефективності запропонованих методів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] A.K.M. Baki, “Continuous monitoring of Smart Grid devices through multi protocol label switching”, *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 5, iss. 3, pp. 1210-1215, May 2014.  
doi: 10.1109/TSG.2014.2301723.
- [2] Г.А. Кучук. *Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення*. Харків, Україна: Щедра садиба плюс, 2013.
- [3] Г.А. Кучук, та О.П. Давікоза, “Синтез стратифікованої інформаційної структури інтеграційної компоненти гетерогенної складової Єдиної АСУ Збройними Силами України”, *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, № 3 (12), с. 154-158, 2013.
- [4] C. Schramm, A. Bieszczad, and B. Pagurek, “Application-oriented network modeling with mobile agents”, in *Proc. of IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium NOM'98*, New Orleans, Louisiana, USA, 1998, pp. 696-700.  
doi: 10.1109/NOMS.1998.654474.
- [5] W. Gentsch, “Sun Grid Engine: towards creating a compute power grid”, in *Proc. First IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid*, Brisbane, Australia, 2001, pp. 35-36.  
doi: 10.1109/CCGRID.2001.923173.
- [6] R. Subramanian, J. Miguel-Alonso, and J. Fortes, “A scalable SNMP-based distributed monitoring system for heterogeneous network computing”, in *Proc. of the 2000 ACM/IEEE Conference on Supercomputing (SC '00)*, Dallas, TX, USA, 2000, pp. 116-119.  
doi: 10.1109/SC.2000.10058.
- [7] R. Al-Ali, A. Hafid, O. Rana, and D. Walker, “An approach for QoS adaptation in service-oriented grids”, *Concurrency and Computation: Practice and Experience Journal*, vol. 16, no. 5, pp. 401-412, Mar. 2004  
doi: 10.1002/cpe.819.
- [8] C. Dannewitz, D. Kutscher, B. Ohlman, S. Farrell, B. Ahlgren, and H. Karl, “Network of Information (NetInf) – An information-centric networking architecture”, *Computer Communications*, vol. 36, iss. 7, pp. 721-735, April 2013.  
doi: 10.1016/j.comcom.2013.01.009.
- [9] Е.В. Азаренко, Б.М. Герасимов, и Б.П. Шохин. *Проектирование автоматизированных систем управления на компьютерных сетях*. Севастополь, Украина: Научно-исследовательский центр “Государственный океанариум” Министерства обороны Украины и Национальной академии наук Украины, 2007.

- [10] Б.Т. Поляк, *Введение в оптимизацию*. Москва, Россия: Наука, 1983.
- [11] О.М. Чаузов, “Моделі розподілу інформаційного ресурсу в АСУ спеціального призначення”, *Системи управління, навігації та зв'язку*, Вип. 4 (36), с. 100-102, 2015.
- [12] І.Ю. Субач, О.М. Чаузов, та Н.Г. Кучук, “Моделі розподілу інформаційного ресурсу в АСУ спеціального призначення”, *Information Technology and Security*, vol. 4, iss. 1, pp. 75-84, January-June 2016.

Стаття надійшла до редакції 18.09.2016.

## REFERENCE

- [1] A.K.M. Baki, “Continuous monitoring of Smart Grid devices through multi protocol label switching”, *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 5, iss. 3, pp. 1210-1215, May 2014. doi: 10.1109/TSG.2014.2301723.
- [2] H.A. Kuchuk. *Information Technology Management integrated data flow in the information and telecommunication networks of critical purpose*. Kharkiv, Ukraine: Plus generous homestead, 2013.
- [3] H.A. Kuchuk, and O.P. Davikoza, “Synthesis stratified structure of information integration of heterogeneous components component ACS Unified Armed Forces of Ukraine”, *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, no. 3 (12), pp. 154-158, 2013.
- [4] C. Schramm, A. Bieszczad, and B. Pagurek, “Application-oriented network modeling with mobile agents”, in *Proc. of IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium NOM'98*, New Orleans, Louisiana, USA, 1998, pp. 696-700. doi: 10.1109/NOMS.1998.654474.
- [5] W. Gentzsch, “Sun Grid Engine: towards creating a compute power grid”, in *Proc. First IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid*, Brisbane, Australia, 2001, pp. 35-36. doi: 10.1109/CCGRID.2001.923173.
- [6] R. Subramanyan, J. Miguel-Alonso, and J. Fortes, “A scalable SNMP-based distributed monitoring system for heterogeneous network computing”, in *Proc. of the 2000 ACM/IEEE Conference on Supercomputing (SC '00)*, Dallas, TX, USA, 2000, pp. 116-119. doi: 10.1109/SC.2000.10058.
- [7] R. Al-Ali, A. Hafid, O. Rana, and D. Walker, “An approach for QoS adaptation in service-oriented grids”, *Concurrency and Computation: Practice and Experience Journal*, vol. 16, no. 5, pp. 401-412, Mar. 2004. doi: 10.1002/cpe.819.
- [8] C. Dannewitz, D. Kutscher, B. Ohlman, S. Farrell, B. Ahlgren, and H. Karl, “Network of Information (NetInf) – An information-centric networking architecture”, *Computer Communications*, vol. 36, iss. 7, pp. 721-735, April 2013. doi: 10.1016/j.comcom.2013.01.009.
- [9] E.V. Azarenko, B.M. Gerasimov, and B.P. Shokhin. *Design of automated control systems of computer networks*. Sevastopol, Ukraine: Research Center “State Oceanarium” Ministry of Defence of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, 2007.
- [10] B.T. Poliak, *Introduction to optimization*. Moscow, Russia: Nauka, 1983.
- [11] O.M. Chauzov, “Distribution information resource models in ACS Special Purpose”, *Systems of control, navigation and communication*, iss. 4 (36), pp. 100-102, 2015.
- [12] I.Y. Subach, O.M. Chauzov, and N.H. Kuchuk, “Distribution models of information resources in ACS special purpose”, *Information Technology and Security*, vol. 4, iss. 1, pp. 75-84, January-June 2016.

ИГОРЬ СУБАЧ,  
АЛЕКСАНДР ЧАУЗОВ,  
НИНА КУЧУК

### **МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ В АСУ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ВАРИАТИВНОМ РАЗМЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ БЛОКОВ**

В данной статье проведен анализ особенностей задачи распределения информационного ресурса при вариативном размере информационных блоков, возникающих при функционировании АСУ специального назначения. Сформулированная задача классифицируется как задача нелинейного программирования. На основе проведенного анализа предложен метод решения. Показано, что наиболее целесообразно в данном случае использовать усовершенствованный метод множителей Лагранжа, который является методом преобразования исходной задачи с ограничениями (задача условной оптимизации) в задачу без ограничений (задача безусловной оптимизации). Применение предложенного метода для решения поставленной задачи имеет ряд особенностей: метод применяется для решения задачи нелинейного целочисленного программирования; к методу добавлена дополнительная проверка, то есть в ходе решения точки, которые «подозреваются» на экстремум, проверяются на выполнение достаточных условий, чем обеспечивается отсечение неоптимальных решений и снижение времени решения задачи. Приведен алгоритм реализации предложенного метода. Приведены результаты тестирования алгоритма. Также проанализирована зависимость времени решения задачи от различных входных параметров.

**Ключевые слова:** информационный ресурс, информационно-телекоммуникационная сеть, метод множителей Лагранжа.

IHOR SUBACH,  
OLEKSANDR CHAUZOV,  
NINA KUCHUK

### **METHOD OF SOLVING PROBLEM FOR INFORMATION RESOURCES DISTRIBUTION IN ACS SPECIAL PURPOSE IN THE AMOUNT OF INFORMATION BLOCKS VARIABILITY**

The article describes the analysis of distribution for information resource when functioning ACS of a special purpose. The variable size of information units is considered. The formulated task is classified as the task of nonlinear programming. On the basis of the carried out analysis the decision method is offered. It is the most expedient to use a Lagrangian multiplier method in this case. The initial task is considered as the task of the conditional optimization. The method transforms the initial task to the task without restrictions. This problem is solved by methods of unconditional optimization. Application of a Lagrangian multiplier method for the solution of an objective has a row of features. The method is applied to the decision the task of nonlinear integer programming. Additional check is added to a method. During the decision of the task for a point which suitable for an extremum are checked execution of sufficient conditions. It provides a splitting of nonoptimal decisions. Also time of the decision for task decreases. In case for creation Lagrange function classical Lagrangian multiplier are used. Before passing of an iterative cycle classical conditions of a discretization are removed. Necessary conditions of stationarity Lagrange function are defined. For an acceleration of search of the decision features of functioning ACS for a special purpose are used. Besides all information resource must be in units of the involved nodes information retrieval system.

**Keywords:** information resource, information and telecommunications network, Lagrange multiplier method.

**Ігор Юрійович Субач**, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри кібербезпеки та застосування автоматизованих інформаційних систем та технологій, Інститут

спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна.

E-mail: [igor\\_subach@ukr.net](mailto:igor_subach@ukr.net).

**Олександр Миколайович Чаузов**, здобувач, Державний заклад "Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", Київ, Україна.

**Ніна Георгіївна Кучук**, кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна.

E-mail: [kuchuk56@ukr.net](mailto:kuchuk56@ukr.net).

**Игорь Юрьевич Субач**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой кибербезопасности и применения автоматизированных информационных систем и технологий, Институт специальной связи и защиты информации Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", Киев, Украина.

**Александр Николаевич Чаузов**, соискатель, Институт специальной связи и защиты информации Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского", Киев, Украина.

**Нина Георгиевна Кучук**, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков, Украина.

**Ihor Subach**, doctor of technical science, assistant professor, head of cybersecurity and application of information systems and technologies academic department, Institute of special communications and information protection National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute", Kyiv, Ukraine.

**Oleksandr Chauzov**, postgraduate student, State institution "Institute of special communication and information protection of National technical university of Ukraine "Kyiv polytechnic institute", Kyiv, Ukraine.

**Nina Kuchuk**, candidate of pedagogic sciences, assistant professor, assistant professor of health and safety of life academic department, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine.

УДК 621.396.6

ЛЕВ САКОВИЧ,  
ВАДИМ РОМАНЕНКО,  
ІГОР ГИРЕНКО

## **МЕТОД ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПЕРШОЧЕРГОВИХ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ МОДУЛІВ ПЕРСПЕКТИВНИХ АПАРАТНИХ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

У статті на основі аналізу стану матеріально-технічної бази з ремонту засобів спеціального зв'язку сформульовано перспективні напрямки розвитку та етапи розробки апаратних технічного забезпечення модульного типу для їх обслуговування і ремонту в польових умовах. На основі експертного дослідження ранжування засобів спеціального зв'язку за ознаками масовості, надійності і важливості визначено необхідність розробки першочергових спеціалізованих модулів перспективних апаратних технічного