

# Methods of information systems synthesis

УДК 004.728 : 519.87

doi: 10.20998/2522-9052.2018.1.04

А. А. Коваленко<sup>1</sup>, Г. А. Кучук<sup>2</sup><sup>1</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна<sup>2</sup>Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна

## МЕТОДИ СИНТЕЗУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТА ТЕХНІЧНОЇ СТРУКТУР СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

**Предметом** вивчення в статті є процеси синтезу структур системи управління (СУ) об'єктом критичного застосування (ОКЗ). **Метою** є розробка методів синтезу інформаційної та технічної структур СУ ОКЗ. **Завдання:** 1) отримати формалізовані описи задач, що виникають при синтезі організаційної структури СУ; 2) обрати оптимальну структуру комп'ютерної системи (КС), що забезпечує функціонування СУ ОКЗ та її підсистем; 3) отримати формалізовані описи задач, що виникають при синтезі технічної структури КС СУ ОКЗ. Для цього використовувались **методи** теорії множин та цілочисельного програмування з булевими змінними. Отримано такі **результати**. Запропоновано методи синтезу інформаційної та технічної структур СУ ОКЗ. У першому з них враховуються задачі управління компонентами СУ, алгоритми і методи розв'язання задач, а також розподіл задач по компонентах в процесі їх розв'язання. Сформульовано критерій якості і можливі обмеження. Окремо порушено питання синтезу організаційної структури СУ, яке є одним з основоположних. Другий метод складається з двох етапів, що включають синтез найменшої можливої сукупності компонентів для реалізації СУ, їх розташування в рамках відповідної КС, кількості і характеру взаємозв'язків між компонентами, а також синтез прийнятних варіантів реалізації кожного з компонентів і взаємозв'язків. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: вперше розроблено методи синтезу інформаційної структури СУ ОКЗ та технічної структури відповідної КС, що лежить в основі такої СУ.

**Ключові слова:** синтез; управління; структура; система; мережа; компонент; формалізація; зв'язок.

### Вступ

Задача синтезу структур сучасних СУ різними об'єктами є комплексною проблемою, вирішення якої неможливо без попередньої декомпозиції, структуризації і формалізації.

До теперішнього часу багатьма авторами описано ряд можливих підходів і рішень як до синтезу структур обчислювальних мереж для ієрархічних систем управління, так і до синтезу структур інформаційно-телекомунікаційних мереж, а також багаторівневих інформаційних структур інтеграційних компонентів їх гетерогенних складових [1 – 8]. До основних етапів синтезу СУ можна віднести такі:

– синтез організаційної структури системи управління та синтез (разом з рішенням задач стратифікації) інформаційної структури КС, що забезпечує функціонування системи управління;

– синтез технічної структури КС.

Основною задачею синтезу організаційної структури СУ об'єктом є розробка логічної структури організації такої СУ, включаючи її основні компоненти і взаємозв'язки між ними. Результатом синтезу інформаційної структури є структура КС, за допомогою якої реалізується управління процесом функціонування системи управління, спрямованої на розв'язання задач певних класів. Така структура є логічною сукупністю необхідних компонентів управління, стратифікованих за відповідними рівнями, а також зв'язків між компонентами і рівнями, які забезпечують обмін як службовою інформацією, так і даними, що особливо важливо для системи управління ОКЗ.

Синтез технічної структури КС включає розробку фізичної структури для отриманої на попередньому етапі інформаційної структури комп'ютерної системи.

Крім того, в процесі синтезу СУ, на кожному з етапів, розподіл сукупності задач, що розв'язуються, за сукупністю використовуваних компонентів КС має прагнути до екстремуму по заданому критерію якості з обов'язковим урахуванням усіх обмежень, що застосовуються.

**Метою статті** є розробка методів синтезу інформаційної та технічної структур системи управління ОКЗ, що дозволяють, відповідно:

– отримати формалізовані описи задач, що виникають при синтезі організаційної структури системи управління, а також задач вибору оптимальної структури та логіки КС, що забезпечує функціонування системи управління (включаючи її підсистеми), в тому числі тих, які можна застосувати до ОКЗ;

– отримати формалізовані описи задач, що виникають при синтезі технічної структури КС системи управління ОКЗ.

### Метод синтезу інформаційної структури системи управління ОКЗ

У процесі синтезу структури системи управління ОКЗ основними етапами є такі:

1) формалізація структури і компонентів системи управління, включаючи визначення необхідної кількості компонентів і необхідної кількості рівнів, за якими вони повинні бути розподілені;

2) формалізація взаємозв'язків між компонентами СУ, включаючи визначення принципів управ-

ління і відтворення необхідних зв'язків в загальній ієрархії рівнів управління;

3) формалізація задач, що реалізуються такими СУ, включаючи їх оптимальний розподіл по компонентах.

Організаційна структура СУ повинна давати однозначну відповідь на питання розподілу процесів по підсистемах різних рівнів, а також розподілу всієї сукупності можливих функцій управління і методів їх реалізації по необхідним підсистемам.

При розв'язанні задачі синтезу організаційної структури СУ потрібно визначити:

- множини принципів і методів управління, які повинні реалізовуватися СУ, що синтезується;

- достатньої множини взаємопов'язаних функцій, що реалізуються СУ;

- множини компонентів СУ, взаємопов'язаних між собою і стратифікованих за рівнями;

- відображення елементів множини взаємопов'язаних функцій, що реалізуються СУ, на множини компонентів СУ.

Важливою задачею початкового етапу синтезу є визначення та формалізація вимог до СУ. Реалізація вимог системою управління можливо багатьма способами, що найбільш зручно формалізується за допомогою математичного апарату теорії графів. Таким чином, стає можливою формалізація взаємозв'язків для СУ, що синтезується, а також опис збору, перетворення, обробки і виведення інформації.

При побудові графів можливе розв'язання задачі розподілу певних елементів по множині доступних ресурсів. При відображенні множини взаємопов'язаних функцій і задач СУ об'єктом КЗ, які задані у вигляді відповідних графів, на множині компонентів СУ можна отримати орієнтований мультиграф, окремі частини якого відповідають можливим варіантам розподілу функцій по компонентах СУ, а дуги відображають взаємозв'язки між компонентами.

Оптимальним варіантом реалізації організаційної структури СУ об'єктом КЗ буде підграф орієнтованого мультиграфа, який одночасно є допустимим варіантом реалізації організаційної структури СУ.

Таким чином, модель структури СУ може бути представлена орієнтованим графом

$$G_s = (V_D, R_F, \Theta),$$

де  $V_D = \{v_d; d = \overline{1, d_0}\}$  – множина можливих варіантів організації даних;  $R_F = \{r_f; f = \overline{1, f_0}\}$  – множина можливих варіантів реалізації функцій;  $\Theta = (\theta_{df})$ ,

$d = \overline{1, d_0}; f = \overline{1, f_0}; \dim \Theta = d_0 \times f_0$  – матриця, що відображує взаємозв'язок даних і функцій. При цьому  $\theta_{df} = 1$ , якщо для формування множини даних  $v_d$  використовується функція  $r_f$  та  $\theta_{df} = 0$  інакше.

На такому графі  $G$  можливе завдання варіантів реалізації даних і способів їх формування, за допомогою функцій, з інших даних СУ, що дозволяє відображати варіанти перетворення вхідних даних у

вихідні дані з метою вибору оптимального варіанту при заданих критеріях оптимальності і обмеженнях, що існують.

Вихідну інформацію для синтезу інформаційної структури КС представлено вимогами до характеристик її якості. Послідовність окремих задач, що розв'язуються при синтезі СУ об'єктом КЗ, виглядає таким чином:

– розробка моделі інформаційної структури КС з описом входів і виходів, а також відповідними процедурами обробки даних;

– аналіз варіантів обробки і представлення даних стосовно реалізації компонентів КС, що використовується, на основі апарату графів;

– детальний аналіз, включаючи аналіз допустимих варіантів побудови, синтезованого графа в аспекті реалізації входів-виходів і обробки даних КС;

– визначення оптимального варіанту інформаційної структури КС.

Однією з найбільш актуальних наукових задач етапу синтезу СУ є формалізація задачі вибору оптимального варіанту інформаційної структури. Розглянемо загальний підхід, коли множини задач  $i = \overline{1, I}$ , що мають множину варіантів розв'язання  $v_i = \overline{1, V_i}$ , можливо розбити на множину етапів  $\ell_{iv_i} = \overline{1, L_{iv_i}}$ , які можуть виконуватися множиною можливих варіантів  $v_{\ell_{iv_i}} = \overline{1, V_{\ell_{iv_i}}}$  на множині доступних компонентів  $j = \overline{1, J}$  системи, що має множину варіантів побудови  $w_j = \overline{1, W_j}$ . Окрім того, за допомогою  $n_{ij}$  позначимо максимальну кількість етапів обраного варіанту  $i$ -ої задачі, що розв'язується в  $j$ -му компоненті КС. При такій нотації стає можливим сформулювати задачу синтезу інформаційної структури КС таким чином [1]:

$$P_{iv_{\ell_{iv_i}}} \left( x_{iv_{\ell_{iv_i}}}, x_{i\ell_{iv_i}}, x_{i\ell_{iv_i}j}, x_{jw_j} \right) \rightarrow opt,$$

де  $P$  – показники якості, що оптимізуються;  $x_{iv_{\ell_{iv_i}}}, x_{i\ell_{iv_i}}, x_{i\ell_{iv_i}j}$  та  $x_{jw_j}$  є булевими змінними, що приймають одиничні значення тільки в разі вибору відповідних етапів або варіантів.

Таксономію введених нотацій наведено на рис. 1.

Обмеження на однозначність вибору з представленого числа можливих варіантів розв'язання задачі може бути представлено у вигляді такого виразу [1]:

$$\sum_{v_{\ell_{iv_i}}=1}^{V_{\ell_{iv_i}}} x_{iv_{\ell_{iv_i}}} = 1,$$

де  $i = \overline{1, I}$  – множина задач.

Обмеження на відсутність дублювання етапів безпосереднього розв'язання задачі, кожен з яких може бути реалізований тільки одним певним компонентом системи, може бути представлено як [1]:

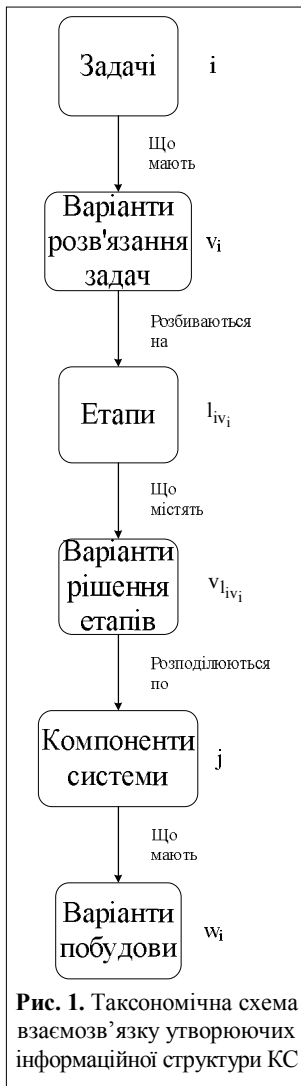


Рис. 1. Таксономічна схема взаємозв'язку утворюючих інформаційної структури КС

що реалізують певні задачі або етапи  $j \in N_{jw_j} \left( N_{iv_l_{iv_i}}, N_{il_{iv_i}j} \right)$ , і пов'язаним з ними множиною компонентів, задач або етапів: якщо  $x_{iw_j} = 1$ , то  $x_{j'w_j} = 1$  для усіх  $j'w_j \in N_{jw_j}$ . Така умова має наступний вигляд [1]:

$$\left( \prod_{j'w_j \in N_{jw_j}} x_{j'w_j} - 1 \right) x_{jw_j} = 0.$$

Як слідство з вищенаведеної умови, можлива умова типу логічного «АБО», яка формулюється для випадку, коли необхідно виконання рівності  $x_{j'w_j} = 1$  тільки для єдиного  $j'w_j$  з заданої множини  $M_{jw_j}$  при  $x_{jw_j} = 1$  [1]:

$$\left( \sum_{j'w_j \in M_{jw_j}} x_{j'w_j} - 1 \right) x_{jw_j} = 0.$$

Обмеження на недопущення розв'язання в безпосередньо не пов'язаних компонентах взаємопов'язаних етапів  $l_{iv_i}$  та  $l'_{iv_i}$  однієї задачі [1]:

$$\sum_{j=1}^J x_{l_{iv_i}jj} = 1,$$

де  $i = \overline{1, I}$  – множина задач;  $l_{iv_i} = \overline{1, L_{iv_i}}$  – допустима множина етапів розв'язання кожної із задач. Обмеження на максимальну кількість задач  $M$ , яке допустимо реалізацією системи, має вигляд [1]:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{v_{l_{iv_i}}=1}^{V_{l_{iv_i}}} x_{iv_l_{iv_i}} \leq M.$$

Оскільки, в загальному випадку, кожна задача з множини задач, що реалізуються системою, яка синтезується, може реалізовуватися деякою сукупністю компонент такої системи, є справедливим обмеження [1]:

$$\sum_{j=1}^J x_{il_{iv_i}j} = 1.$$

Таким чином, стає можливим завдання умови типу логічного «І» між деякими компонентами  $j$ ,

$$\sum_{i, l_{iv_i}, j} \theta_{jj'} x_{il_{iv_i}j} x_{i'l'_{iv_i}j'} = 1,$$

де  $\theta_{jj'} = 1$  при наявності безпосереднього зв'язку між компонентами  $j$  та  $j'$  КС.

### Метод синтезу технічної структури комп'ютерної системи, що забезпечує функціонування системи управління ОКЗ

У процесі синтезу СУ об'єктом КЗ необхідно визначити оптимальне відображення множини взаємопов'язаних функцій управління на множину взаємопов'язаних компонентів КС, представлених певними технічними засобами (ТЗ). До таких ТЗ існує ряд вимог, що пред'являються, включаючи економічні вимоги на їх створення, експлуатацію та модифікацію, вимоги до оперативності реалізації функцій, а також вимоги до надійності.

Під час синтезу СУ об'єктом КЗ, крім задач розподілу функцій СУ між множиною компонентів системи відповідно до визначених критеріїв, виникають задачі вибору ТЗ і каналів зв'язку в контексті гарантування певних характеристик СУ.

В даний час існують різні підходи і моделі, що використовуються для розв'язання задач синтезу СУ; вони передбачають послідовність характерних етапів [9]:

- визначення кількості, розташування і складу компонентів КС СУ для кожного з можливих класів управління, що дозволяє виконати мінімізацію витрат на реалізацію таких компонентів;
- визначення варіантів реалізації та складу компонентів і їх взаємозв'язків на основі вимог до СУ, що дозволяє виконати мінімізацію витрат на забезпечення необхідного рівня надійності при певних умовах експлуатації;
- розробка топологічної структури СУ на основі рішень двох попередніх етапів, включаючи визначення функціональної структури, розподіл функцій СУ по множині її компонентів і оптимізацію такого процесу, а також безпосередній вибір комплексу ТЗ для реалізації компонентів КС СУ, що дозволяє виконати мінімізацію витрат на реалізацію і експлуатацію компонентів;
- аналіз процесу функціонування компонентів для обраного варіанту реалізації КС СУ за допомогою імітаційного моделювання.

Наступний матеріал буде покривати перші два з розглянутих етапів. Перш за все, при синтезі технічної структури КС СУ об'єктом КЗ на рівні компонентів і відповідних зв'язків, виникає ряд задач, що неухильно підлягають оптимізації.

Процес синтезу технічної структури можна розбити на два складових етапи, які можна застосувати до формалізації за допомогою апарату графів [10]:

1) синтез найменшої можливої сукупності компонентів для реалізації СУ, їх розташування в рамках відповідної КС, а також кількості та характеру

взаємозв'язків між компонентами; вхідною інформацією для такого етапу є вимоги доступності компонентів СУ;

2) синтез прийнятних варіантів реалізації кожного з компонентів і взаємозв'язків; вхідною інформацією є вимоги до надійності СУ об'єктом КЗ, в контексті як навколишнього середовища, так і можливих впливів на СУ під час її функціонування.

Сутність першого з етапів полягає у розв'язанні задачі знаходження мінімальної кількості компонентів КС при дотриманні вимог застосовності СУ для заданої множини задач управління, включаючи, можливо, також специфічні вимоги (наприклад, вимоги щодо диверсності компонентів для певного типу задач). Таку задачу можна зручно сформулювати у вигляді лінійної цілочисельної задачі математичного програмування [2].

Нехай  $i = \overline{1, I}$  – сукупність задач управління, що підлягають розв'язанню СУ,  $j = \overline{1, J}$  – сукупність компонентів КС СУ, а  $\ell = \overline{1, L}$  – фізичні області КС СУ, в яких реалізується управління за допомогою певних компонентів в залежності від типу задач управління. Нехай  $L_i$  є областями КС, в яких проводиться розв'язання задач  $i$ -го типу. За допомогою  $m_i$  позначимо сукупність компонентів КС, доступних для розв'язання задач  $i$ -го типу, а за допомогою  $\tau_\ell$  – час, за який потрібно розв'язати задачу компонентами КС в її  $\ell$ -й області. Крім того, необхідно ввести такі булеві змінні, що відображають використання компонента і області КС СУ при розв'язанні задачі управління:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{якщо використовується компонент } j, \\ 0, & \text{інакше;} \end{cases}$$

$$y_\ell = \begin{cases} 1, & \text{якщо використовується область } \ell, \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases}$$

Тепер можна стверджувати, що основна задача, яка підлягає розв'язанню, полягає в мінімізації витрат на реалізацію таких компонентів:

$$\min \sum_{j=1}^J c_j x_j,$$

де  $c_j$  – витрати на створення  $j$ -го компонента КС СУ.

Якщо задані вимоги до застосування СУ для заданої множини задач управління, то необхідно враховувати що

$$\sum_{\ell \in L_i} \tau_\ell y_\ell \leq \tau_i,$$

де  $\tau_i$  – обмеження на час розв'язання задачі управління  $i$ -го типу із підмножини задач  $L_i$ ; а при наявності ще й спеціальних обмежень (наприклад, по диверсності компонентів для  $i$ -ої задачі), врахувати всі такі обмеження, наприклад, якщо для  $i$ -ої задачі необхідно не менше  $k_i$  компонент, то

$$\sum_{j \in m_i} x_j \geq k_i.$$

Крім того, необхідно задати взаємозв'язок між введеними змінними, враховуючи що  $n_\ell$  – сукупність компонентів, які можна застосувати для розв'язання задачі відповідного типу в  $\ell$ -й області КС:

$$\sum_{j \in n_\ell} x_j \geq y_\ell \geq \frac{1}{|n_\ell|} \sum_{j \in n_\ell} x_j.$$

В процесі реалізації другого етапу, для кожного з можливих у конкретній КС СУ типів задач управління задається мінімальна сукупність компонентів і взаємозв'язків між ними, що забезпечує коректне функціонування КС СУ.

Множини варіантів реалізації компонентів КС і їх взаємозв'язків визначаються як в контексті мінімізації відповідних витрат, так і в контексті надійності, що забезпечується. Введемо наступні позначення, стосовно до часового інтервалу функціонування СУ об'єктом КЗ, що розглядається, і наявності допустимих впливів на СУ під час функціонування:

$P_{ik} (k = \overline{1, K_i})$  – ймовірність безвідмовного функціонування частини КС, що реалізує розв'язання  $k$ -го варіанту  $i$ -ої задачі управління;  $P_{jk} (k = \overline{1, K_j})$  – ймовірність безвідмовного функціонування  $k$ -го варіанту реалізації  $j$ -го компонента КС СУ;  $P_{Rk} (k = \overline{1, K_r})$  – ймовірність безвідмовного функціонування  $k$ -го варіанту реалізації  $R$ -го мережевого компонента, що забезпечує функціонування КС СУ;  $P_{dk}$  – ймовірність безвідмовного функціонування складеного каналу зв'язку, що має  $k$ -й варіант реалізації, і утворює певний маршрут (d) з'єднання при розв'язанні задачі управління;  $c_{ik}, c_{jk}, c_{Rk}, c_{dk}$  – витрати на фізичну і логічну реалізацію відповідних компонентів, включаючи вузли обробки і передачі інформації, а також канали зв'язку (що утворюють складовий канал зв'язку маршруту з'єднання для розв'язання задачі).

Можна виділити агреговані варіанти реалізації певних областей комп'ютерної системи СУ з урахуванням множини і характеристик необхідних компонентів [2].

Введемо такі булеві змінні, що приймають одиничні значення тільки в разі вибору  $k$ -х варіантів побудови:  $\theta_{ik}$  –  $i$ -ої задачі,  $\theta_{jk}$  –  $j$ -го компонента КС,  $\theta_{Rk}$  –  $R$ -го проміжного вузла мережі КС,  $\theta_{ldk}$  – каналів зв'язку на маршруті з'єднання для розв'язання задачі. Таким чином, для знаходження оптимального розподілу необхідно знайти матрицю  $\Theta$ , при якій витрати мінімізуються.

Тепер можна стверджувати, що основна задача, котра підлягає розв'язанню на другому етапі, полягає в мінімізації витрат на побудову компонентів, яка описується як

$$C = \sum_{\alpha} \sum_k c_{\alpha k} \theta_{\alpha k} + \sum_{\beta} \sum_k c_{\beta k} \theta_{\beta k} \rightarrow \min$$

при обмеженнях, що описуються таким чином:

$$P_{i0}(\theta_{ik}, \theta_{0k}) \times \left[ P_{Rk}(\theta_{Rk}, \theta_{iRk}) (1 - P_{ijk}(\theta_{ijk}, \theta_{Rjk}, \theta_{jk})) + (1 - P_{Rk}(\theta_{Rk}, \theta_{iRk})) (1 - P_{ij}(\theta_{ijk}, \theta_{jk})) \right] \geq P_i^*,$$

$$\sum_k \theta_{\alpha k} = 1, \quad \alpha = i, j, R,$$

$$\sum_k \theta_{\beta k} = 1, \quad \beta = \{iR, ij, jR, j0\},$$

де  $P_{Rk}(\theta_{Rk}, \theta_{iRk}) = \left( \sum_k P_{Rk} \theta_{Rk} \right) \left( \sum_k P_{iRk} \theta_{iRk} \right);$

$$P_{ijk}(\theta_{ijk}, \theta_{Rjk}, \theta_{jk}) = \prod_j \left[ 1 - \left( 1 - \sum_k P_{ijk} \theta_{ijk} \right) \left( 1 - \sum_k P_{Rjk} \theta_{Rjk} \right) \left( \sum_k P_{jk} \theta_{jk} \right) \right],$$

$$P_{ik}(\theta_{ik}, \theta_{0k}) = \left( \sum_k P_{ik} \theta_{ik} \right) \left( \sum_k P_{0k} \theta_{0k} \right),$$

$$P_{ij}(\theta_{ijk}, \theta_{jk}) = \prod_j \left[ 1 - \left( \sum_k P_{ijk} \theta_{ijk} \right) \left( \sum_k P_{jk} \theta_{jk} \right) \right].$$

## Висновки

В статті запропоновано методів синтезу інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування. Перший з них враховує вибір задач управління компонентами системи управління, реалізації алгоритмів і методів розв'язання задач і розподіл задач по компонентах в процесі їх розв'язання. Сформульовано критерій якості і можливі відповідні обмеження.

Окремо розглянуто питання синтезу організаційної структури системи управління, яке є одним з основоположних.

Другий метод складається з двох етапів, що включають синтез найменшої можливої сукупності компонентів для реалізації систем управління, їх розташування в рамках відповідної комп'ютерної системи, кількості і характеру взаємозв'язків між компонентами, а також синтез прийнятних варіантів реалізації кожного з компонентів і взаємозв'язків. У процесі синтезу враховуються вимоги за доступністю компонентів системи управління та процес її функціонування в контексті навколишнього середовища за умови можливих впливів.

Найближчим напрямком подальших досліджень є вироблення підходів до синтезу технічної структури комп'ютерної системи.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко А. А. Подходы к синтезу информационной структуры системы управления объектом критического применения / А. А. Коваленко // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 1 (117). – С. 180 – 184.
2. Коваленко А. А. Подходы к синтезу технической структуры компьютерной системы, образующей систему управления объектом критического применения / А. А. Коваленко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 1(38). – С. 116 – 119.
3. Синтез структуры вычислительной сети для иерархической системы управления / Г. А. Кучук, А. В. Королев, А. В. Муравьев, А. Ю. Набока // Сб. научн. трудов. Информационные системы. Вып. 2. – Х.: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 1994. – С. 90 – 93.
4. Кучук Г. А. Концептуальный підхід до синтезу структури інформаційно-телекомунікаційної мережі / Г. А. Кучук, І. В. Рубан, О. П. Давікоза // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 7 (114). – С. 106 – 112.
5. Коваленко А. А. Подходы к оптимизации распределения задач управления по компонентам компьютерной системы, образующей систему управления объектом критического применения / А. А. Коваленко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України: науково-технічний журнал. – Х.: ХУПС, 2014. – № 2 (15). – С. 158-160.
6. Кучук Г. А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г. А. Кучук, А. А. Коваленко, А. А. Янковский // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 7 (123). – С. 93-96.
7. Кучук Г. А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення / Г. А. Кучук. – Х.: ХУПС, 2013. – 264 с.
8. Кучук Г. А. Синтез стратифікованої інформаційної структури інтеграційної компоненти гетерогенної складової Єдиної АСУ Збройними Силами України / Г. А. Кучук, О. П. Давікоза // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України: науково-технічний журнал. – Х.: ХУПС, 2013. – № 3 (12). – С. 154-158.
9. Whitt W. The Queuing Network Analyzes / W. Whitt // Bell System Tech. I. – 1983. – Vol. 62, № 9. – P. 2779 – 2815.
10. Gelenbe E. Analysis and synthesis of computer systems (2nd Edition) / E. Gelenbe, G. Pujolle // Advances in Computer Science and Engineering: Texts – Vol.4 – 2010. – 309 p.

## REFERENCES

1. Kovalenko, A.A. (2014), "Approaches to the synthesis of the information structure of the critical use management system", *Information processing systems*, KhUPS, Kharkiv, No. 1 (117), pp. 180-184.
2. Kovalenko, A.A. (2014), "Approaches to the synthesis of the technical structure of the computer system that forms the control system for the critical application object", *Collection of scientific works of Kharkov University of Air Forces*, KhUPS, Kharkiv, No. 1 (38), pp. 116-119.

3. Kuchuk, G.A., Korolev, A.V., Muravyev, A.V. and Naboka A.Yu. (1994), "Synthesis of the structure of a computer network for a hierarchical control system", *Information systems*, Issue 2, KhVU, Kharkiv, pp. 90-93.
4. Kuchuk, G.A., Ruban, I.V. and Davicosa O.P. (2013), "Conceptual Approach to the Synthesis of the Information and Telecommunication Network Structure", *Information Processing Systems*, KhUPS, Kharkiv, No. 7 (114), pp. 106-112.
5. Kovalenko, A.A. (2014), "Approaches to optimization of distribution of control tasks by components of a computer system, forming a system of control of a critical application object", *Science and technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine*, KhUPS, Kharkiv, No. 2(15), pp. 158-160.
6. Kuchuk, G.A., Kovalenko, A.A. and Yankovsky A.A. (2014), "Model of the process of evolution of the topological structure of the computer network of the control system by the object of critical application", *Information Processing Systems*, KhUPS, Kharkiv, No. 7 (123), pp. 93-96.
7. Kuchuk, G.A. (2014), *Information Technologies for Integrated Data Flow Control in Information and Telecommunication Networks of Critical Purposes*, KhUPS, Kharkiv, 264 p.
8. Kuchuk, G.A. and Davicosa O.P. (2013), "Synthesis of the stratified information structure of the integration component of the heterogeneous component of the Single Automated Control System by the Armed Forces of Ukraine", *Science and technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine*, KhUPS, Kharkiv, No. 3(12), pp. 154-158.
9. Whitt, W. (1983), "The Queuing Network Analyzes", *Bell System Tech. I.*, Vol. 62, No. 9, pp. 2779-2815.
10. Gelenbe, E. and Pujolle, G. (2010), "Analysis and synthesis of computer systems", *Advances in Computer Science and Engineering*, Vol. 4, 309 p.

Received (Надійшла) 23.02.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 11.04.2018

### Методи синтеза інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування

А. А. Коваленко, Г. А. Кучук

**Предметом** изучения в статье являются процессы синтеза структур системы управления (СУ) объектом критического применения (ОКП). **Целью** является разработка методов синтеза информационной и технической структур СУ ОКП. **Задачи:** 1) получить формализованные описания задач, возникающих при синтезе организационной структуры СУ; 2) выбрать оптимальную структуру компьютерной системы (КС), обеспечивающей функционирование СУ ОКП и ее подсистем; 3) получить формализованные описания задач, возникающих при синтезе технической структуры КС СУ ОКП. Для этого использовались **методы** теории множеств и целочисленного программирования с булевыми переменными. Получены следующие **результаты**. Предложены методы синтеза информационной и технической структур СУ ОКП. В первом из них учитываются задачи управления компонентами СУ, алгоритмы и методы решения задач, а также распределение задач по компонентам в процессе их решения. Сформулирован критерий качества и возможные ограничения. Отдельно затронуты вопросы синтеза организационной структуры СУ, которые являются одними из основополагающих. Второй метод состоит из двух этапов, включающих синтез наименьшей возможной совокупности компонентов для реализации СУ, их расположение в рамках соответствующей КС, количества и характера взаимосвязей между компонентами, а также синтез приемлемых вариантов реализации каждого из компонентов и взаимосвязей. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: впервые разработаны методы синтеза информационной структуры СУ ОКП и технической структуры соответствующей КС, лежащей в основе такой СУ.

**Ключевые слова:** синтез; управление; структура; сеть; компонент; формализация; связь.

### Methods for synthesis of informational and technical structures of critical application object's control system

A. Kovalenko, H. Kuchuk

The **subject matter** of the paper is the processes of synthesis of the structures related to control system (CS) for critical application object (CAO). The **goal** is to develop the methods for CAO CS's informational and technical structures synthesis. The **tasks** to be solved are: 1) derive formalized descriptions for the problems, which occur during the synthesis of CS's organizational structure; 2) choose the optimal structure of the computer system (CompS), which ensures the operation of the CAO CS and its subsystems; 3) derive formalized descriptions for the problems, which occur during the synthesis of the technical structure of the CAO CS CompS. For this purpose, methods of the theory of sets and integer programming with Boolean variables were used. The following **results** were obtained. The methods for CAO CS's informational and technical structures synthesis are obtained. The first of them takes into account the problems of CS components control, the algorithms and methods for solving problems, as well as the distribution of tasks among the components during their solution. Formulated quality criteria and possible constraints. Separately raised the problem related to the synthesis of the CS's organizational structure, which is one of the fundamental. The second method consists of two steps, which include the synthesis of the smallest possible set of components for the implementation of the CS, their location within the corresponding CompS, the number and nature of the interconnections between the components, as well as the synthesis of acceptable options for the implementation of each component and interconnections. **Conclusions.** The scientific novelty of the obtained results is as follows: the methods for synthesis of the CAO CS's informational structure and the corresponding CompS's technical structure, which underlies the CS, are first developed.

**Keywords:** synthesis; control; structure; system; network; component; formalization; connection.