

Писарчук О. О., д.т.н., проф.¹;

Соколов К. О.²;

Гудима О. П., к.т.н., с.н.с.²

¹ - Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Житомир;

² - Управління інформаційних технологій Міністерства оборони України, Київ

Розроблення багатокритеріальної методики ситуаційного управління структурою і параметрами системи забезпечення інформаційної безпеки

Резюме. У статті запропоновано методику, яка дасть змогу реалізувати структурно-параметричний синтез системи з отриманням адекватного результату для ефективного реагування на виниклу кризову ситуацію (КС) інформаційного спрямування. Особливостями запропонованого підходу у порівнянні з відомими аналогами є: багатокритеріальна формалізація початкової задачі синтезу та її розв'язання з використанням технології вкладених згорток; ситуативне конфігурування системи залежно від КС, що склалася, наявних джерел інформації та їх характеристик, доступного складу виконавчих елементів; спільне розв'язання задач структурного і параметричного синтезу.

Ключові слова: обороноздатність держави, інформаційна безпека, кризова ситуація, ситуаційне управління, автоматизовані системи управління, інформаційні системи.

Постановка проблеми. Проблема інформаційної та кібернетичної безпеки, всебічного застосування технічних видів розвідки, інформаційно-психологічної, кібернетичної, радіоелектронної протидії та впливів, підрозділів спецоперацій, сучасних систем управління та роботизованих засобів для розв'язання найбільш важливих задач забезпечення обороноздатності держави все більш набуває особливої ваги.

З огляду на зазначене, передбачено створення Системи забезпечення інформаційної безпеки (СЗІБ) Міністерства оборони та Збройних Сил України, яка акумулює в собі наявні та перспективні сили і засоби інформаційно-психологічної та кібернетичної безпеки, розвідки, кібернетичної, радіоелектронної та інформаційно-психологічної протидії.

У роботі [1] на понятійному рівні здійснений формальний математичний опис складових ергатичної розподіленої інформаційно-керуючої системи (ІКС) реагування на конфліктні ситуації в термінах теорії множин та здійснено постановку задачі на створення методики, яка дасть змогу реалізувати структурно-параметричний синтез системи з отриманням адекватного результату для ефективного реагування на кризову ситуацію.

У подальшому завданням є розроблення безпосередньо багатокритеріальної методики

ситуативного управління структурою і параметрами СЗІБ.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Структурний синтез складної системи розглядався у працях А. Д. Цвіркуна, І. В. Кузьміна, А. М. Вороніна, Ю. К. Зіатдінова, Г. Л. Баранова, Т. Р. Брахмана та інших, зокрема етапи формування вимог до системи; вибір складових системи, рівня їх деталізації, формування варіантів побудови системи та опис взаємодії компонент; вибір оптимального варіанта побудови системи [2, 3-7, 8, 9, 10]. Розв'язанню задачі параметричного синтезу складних систем присвячено значну кількість робіт, найбільш показовими з яких є праці Т. Р. Брахмана, А. М. Вороніна, Ю. Х. Вермішева, Г. С. Антушева [2, 3-7, 11]. За класичним трактуванням задача параметричного синтезу складної системи полягає у визначенні параметрів елементів заданої структури [11], зокрема у виборі числових характеристик або системи в цілому, або окремих її компонент.

Задача синтезу інформаційно-керуючої системи (ІКС) належить до класу задач аналізу та синтезу складних систем [1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 16-20]. Метою проектування (синтезу) системи в загальному випадку є конкретизація та визначення раціонального складу її структурних елементів, відношень між ними та параметрів [8]. Таким чином загальну методологію синтезу складної ІКС можна викласти за наступними етапами:

формування властивостей системи, вимог до неї та виконуваних функцій;
структурний синтез системи – формування елементів системи;
параметричний синтез системи – визначення параметрів елементів структури.

Питанням управління складними організаційно-технічними системами загалом, присвячені роботи Д. Г. Поспелова, І. В. Соловьева, О. Д. Іваннікова, О. М. Тихонова, В. Я. Цветкова та інших вчених. Основи теорії ситуативного управління закладені в роботах Д. Г. Поспелова, В. А. Бородіна, В. Горшеніна, Л. Джильберта, Ю. І. Кликова, І. М. Розенберга, В. В. Циганова, В. Я. Цветкова, Г. Б. Шишкина та ін.

Головна ідея ситуативного управління в складних системах чи складними системами полягає у зміні її властивостей, поведінки, або параметрів відповідно до поточної зовнішньої чи внутрішньої обстановки – ситуації – КС. Як правило, ситуативне управління реалізується на підставі ретельного дослідження умов практичного застосування такої системи з формуванням, модифікацією і розвитком бази даних і бази знань про КС.

Традиційно реалізація ситуативного управління базується на принципі вироблення і реалізації сценаріїв із функціональних етапів функціонування ІКС. Тобто управління щодовідпрацювання КС реалізується через зміну функцій, дій і відповідно властивостей компонент та системи у цілому. Основоположним принципом є реалізація процесів ситуативного управління на існуючій структурі – фактично без зміни структурних параметрів самої системи та у межах її елементів.

Крім того, незважаючи на видимість завершеності та проробки технологій ситуативного управління існують значні його недоліки, що полягають у суб'єктивізмі методів управління, обмеженості технологічних та теоретичних методів і моделей його практичного застосування. Практично відсутні системні рішення для управління структурою і параметрами ІКС в умовах значної динаміки зміни та щільності потоку КС.

Виходячи із зазначеного можливо стверджувати, що традиційні підходи до побудови ІКС із впровадженням принципів ситуативного управління спрямовані на ситуативну зміну властивостей системи шляхом формування унікального переліку дій відповідно до виниклої КС. Тобто,

ситуативність відноситься до зміни функціональних властивостей ІКС реагування на КС. Ця обставина у жодному разі не вирішує технологічних проблем структурного характеру, що притаманні традиційним підходам до побудови складних ІКС і не вирішує проблему їх ефективного функціонування в умовах значної динаміки зміни поточної ситуації і підвищеної платності потоку КС.

Таким чином, метою досліджень є розроблення багатокритеріальної методики ситуативного управління структурою і параметрами СЗІБ.

Метою статті є розроблення методики, яка дає змогу реалізувати структурно-параметричний синтез системи з отриманням адекватного результату для ефективного реагування на виниклу КС інформаційного спрямування.

Виклад основного матеріалу. Для реалізації структурно-параметричного синтезу ІКС із впровадженням принципів ситуативного управління необхідно висунути вимоги до ефективності цього процесу. У подальшому задача ситуативного управління структурою і параметрами СЗІБ розв'язуватиметься шляхом визначення кількісного складу інформаційно-керуючих кластерів (ІКК) на надмірній структурі системи та встановлення їх якісного складу.

Синтез передбачатиме першочерговий розгляд автоматизованих робочих місць (АРМ) підсистеми накопичення й обробки інформації моніторингу (ПНОІМ), до яких належить конкретний склад решти компонент СЗІБ, на підставі принципів побудови базового модуля системи із відповідною структурою (рис. 1).

Фактично реалізується процес ситуативного структурно-параметричного синтезу (ІКК) на надмірній структурі СЗІБ – ситуативне управління структурою і параметрами Системи забезпечення інформаційної безпеки. Структурний синтез із вибором елементів АРМ ПНОІМ та технічних (нетехнічних) засобів моніторингу (ТЗМ) інформаційного простору здійснюється прямим чином за їх формулярами. Вибір виконавчих елементів для усунення виниклої КС реалізується опосередковано за параметром T_{ks} – переліком часткових задач системи з усунення КС, що статично закріплені через відповідну базу даних (БД) з переліком виконавчих елементів СЗІБ, необхідних для ліквідації виниклої ситуації. Параметричний синтез фактично реалізується як опосередкований процес, супутній

структурному синтезу і визначається параметрами відібраними для формування ІКК з індивідуальними особливостями елементів під конкретну КС.

Опис вимог до реалізації синтезу й оцінювання ефективності системи. Розв'язання задачі синтезу системи даного класу повинне забезпечити визначення такої її

структури, щоб відображення формуляра КС на описі АРМ системи обробки ПНОІМ у взаємодії з ТЗМ забезпечувало з високою ефективністю усунення КС. Тому опис ефективності системи повинен включати перелік параметрів і критеріїв, пов'язаних із рівнем відображення в її структурі вимог формуляра КС.



Рис. 1. Структурна базового модуля СЗІБ

У загальному випадку система, що синтезується, повинна відповідати наступним вимогам:

- 1) забезпечувати мінімальний час, що витрачається на усунення КС, $t_{ks} \rightarrow \min$;
- 2) мати високу достовірність рішень, що формуються для усунення КС, $D_{ks} \rightarrow \max$;
- 3) надавати якнайкращу інформаційну надмірність для прийняття рішень на усунення КС $IN_{ks} \rightarrow \max$.

У результаті маємо критеріальні вимоги для реалізації структурно-параметричного синтезу системи реагування на КС (1):

$$\begin{cases} t_{ks} \rightarrow \min & \text{при } t_{ks} \leq t_{ks \text{ por}} \\ D_{ks} \rightarrow \max & \text{при } D_{ks} \geq D_{ks \text{ por}} \\ IN_{ks} \rightarrow \max & \text{при } IN_{ks \text{ min}} \leq IN_{ks} \leq IN_{ks \text{ max}} \end{cases} \quad (1)$$

Забезпечення найвищої достовірності рішень вимагає збільшення кількості ТЗМ. Це, у свою чергу, підвищує часові витрати на реалізацію технологічного процесу отримання, передачі й обробки інформації про КС. Отже, система критеріїв (1) є суперечливою, а завдання ситуативного структурно-параметричного синтезу системи реагування на КС приведенне до багатокритерійної форми [20, 21].

Обмеження, вказані для часткових критеріїв (1), пояснюються таким чином. Час

усунення КС t_{ks} не може перевищувати деякого граничного значення, що співвідноситься з часом її існування, і повинно забезпечувати близький до реального час функціонування системи. Достовірність рішень з усунення КС D_{ks} не може бути нижче встановленого порогу, визначуваного на етапі проектування системи і забезпечуваного складом рівня обробки інформації, а також ефективністю покладеного в її основу алгоритмічного забезпечення. Вибір ТЗМ із забезпеченням якнайкращої інформаційної надмірності IN_{ks} повинен здійснюватися в межах обмежень, визначуваних інформаційною доступністю і достатністю даних про КС.

Таким чином, система (1) є критеріями ситуативного синтезу ІКК і може в подальшому використана в якості показників оцінювання ефективності її функціонування.

У формалізованій формі завдання структурно-параметричного синтезу складної ергатичної розподіленої ІКС реагування на КС формулюється таким чином. Для усунення виниклої КС з відомим формуляром $KS_i = \{P_{ks_i}, T_{ks_j}^{KS}, I_{ks_f}^{KS}\}$ необхідно провести конфігурування системи реагування на КС шляхом визначення складу АРМ системи обробки інформації, що описується кінцевою

множиною $ES_j = \{T_{ksj}^{ES}, I_{ksf}^{ES}\}$, а також складу ТЗМ із множини $ID_f = \{I_{ksf}^{ID}, TX_f\}$.

Система, що конфігурується, повинна забезпечувати розв'язання задачі усунення КС з ефективністю, що задовольняє вимогам (1).

Структурно-параметричний синтез ІКК здійснюватимемо в два етапи. На першому етапі визначається оптимальний кількісний склад АРМ (*синтез кількісної структури ІКК*) системи обробки інформації відповідно до критеріїв (1), що накладе обмеження на кількісний склад використовуваних ТЗМ та виконавчих елементів. На другому етапі реалізується формування (*синтез*) *якісного складу ІКК* шляхом вибору конкретних АРМ, ТЗМ та виконавчих елементів, що забезпечують виконання умов (1).

Розв'язання багатокритеріальної оптимізаційної задачі структурно-параметричного синтезу ІКК за сформованим вектором суперечливих критеріїв здійснюється шляхом зведення її до однокритеріальної форми [22]. Для цього необхідно: визначити перелік часткових критеріїв оптимальності і вибрати варійований (що оптимізується) параметр; сформулювати модель зміни часткових критеріїв оптимальності; вибрати спосіб зведення часткових критеріїв в узагальнений і отримати оптимізаційну модель системи, що синтезується; знайти екстремум функції узагальненого критерію щодо варійованого параметра; провести інтерпретацію рішення.

Формування узагальненого критерію оптимальності реалізується з використанням нелінійної згортки професора А. Н. Вороніна [24]. Порівняно з іншими схемами оптимізації згортка має низку доведених і підтверджених практикою переваг: завдання вирішується за наявності обмежень, в межах яких гарантується унімодалність функції узагальненого критерію оптимальності; розв'язання оптимізаційної задачі належить області Парето; характерна відносно невелика обчислювальна складність алгоритму пошуку рішення. Розв'язання оптимізаційної задачі можливо здійснювати за дискретною та аналоговою формою зміни частинних критеріїв, що регламентується сутністю розв'язуваної задачі синтезу. Так, наприклад, задача визначення кількісного складу ІКК може бути дискретною, що спонукає використання дискретної форми опису часткових критеріїв (1) та дискретної форми згортки для їх агрегації. Згортка для

дискретно заданих часткових критеріїв має вигляд

$$Y(y_0) = \sum_{m=1}^b \gamma_{0m} (1 - y_{0m})^{-1} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $m = 1..b$ – кількість включених в згортку часткових критеріїв оптимальності;

γ_{0m} – нормований ваговий коефіцієнт;

y_{0m} – нормований частковий критерій оптимальності.

При формуванні функції узагальненого критерію для аналогового способу подання часткових критеріїв оптимальності використовується згортка вигляду

$$\chi^* = \arg \min_{\chi \in G} \sum_{m=1}^b \gamma_{m0} (1 - \varphi_{0m}(\chi))^{-1} = F(\chi), \quad (3)$$

де χ – параметр, що оптимізується;

G – область допустимих значень функцій часткових критеріїв оптимальності;

$\varphi_{0m}(\chi)$ – нормована функція m -го часткового критерію;

χ^* – оптимальне значення шуканого параметра.

Зведення до згортки суперечливих частинних критеріїв здійснюється за умов приведення їх до єдиної масштабної шкали і до мінімізованого вигляду. Для цього реалізується нормування часткових критеріїв оптимальності на обмеженому інтервалі $\varphi_m(\min \chi) \leq \varphi_m(\chi) \leq \varphi_m(\max \chi)$. Для дискретного способу опису часткових критеріїв їх нормування може бути реалізовано відповідно до виразів

$$\varphi_{0m} = \frac{\varphi_{mp}^{\min}}{\sum_{p=1}^{K_{\min}} \varphi_{mp}^{\min}}, \varphi_{0m} = \left(\varphi_{mp}^{\max} \sum_{p=1}^{K_{\max}} \frac{1}{\varphi_{mp}^{\max}} \right)^{-1}, \quad (4)$$

де $p = K_{\min}, K_{\max}$ – кількість дискретних значень у вибірці, що характеризує зміну критеріїв, мінімізованих φ_{mp}^{\min} і максимізованих φ_{mp}^{\max} .

Нормування часткових критеріїв для аналогового їх опису може проводитися таким чином:

$$\varphi_{0m}(\chi) = \frac{\varphi_m^{\max}(\min \chi)}{\varphi_m^{\max}(\chi)}, \varphi_{0m}(\chi) = \frac{\varphi_m^{\min}(\chi)}{\varphi_m^{\min}(\max \chi)}. \quad (5)$$

Нормування вагових коефіцієнтів здійснюється відносно суми їх значень, встановлених для всіх часткових критеріїв включених у згортку:

$$\gamma_{0m} = \frac{\gamma_m}{\sum_{m=1}^b \gamma_m}. \quad (6)$$

Синтез кількісної структури ІКК.

Зазначений етап реалізується як визначення оптимального кількісного складу АРМ системи обробки інформації N_{ARM} (синтез структури системи за кількісним складом) реалізується відповідно до вимог системи (1). Можна евристично показати, а для конкретної системи реагування на КС експериментально і математично довести, що показники, які входять в (1), залежать від параметра N_{ARM} . Тому уточнена система критеріїв (1) для аналогового способу їх опису набуде вигляду

$$\begin{cases} t_{ks}(N_{ARM}) \rightarrow \min, \text{ при } t_{ks}(N_{ARM}) \leq t_{ks\text{por}}(N_{ARM}), \\ D_{ks}(N_{ARM}) \rightarrow \max, \text{ при } D_{ks}(N_{ARM}) \geq D_{ks\text{por}}(N_{ARM}), \\ IN_{ks}(N_{ARM}) \rightarrow \max, \\ \text{при } IN_{ks}(\min N_{ARM}) \leq IN_{ks}(N_{ARM}) \leq IN_{ks}(\max N_{ARM}). \end{cases} \quad (7)$$

Таким чином з урахуванням (1) відповідно до дискретного способу представлення часткових критеріїв оптимальності у вигляді (1) отримаємо математичну оптимізаційну модель для структурного синтезу системи реагування на КС щодо кількості АРМ системи обробки інформації:

$$\delta_{ARM} = \gamma_{t0}(1-t_{ks})^{-1} + \gamma_{D0}(1-D_{ks})^{-1} + \gamma_{ID0}(1-IN_{ks})^{-1} \rightarrow \min. \quad (8)$$

Нульовий індекс у складових моделі (8) характеризує їх нормування відповідно до (4) для часткових критеріїв оптимальності. Параметри $\gamma_{t0}, \gamma_{D0}, \gamma_{ID0}$ є нормованими за правилом (6) ваговими коефіцієнтами відповідних критеріїв. Оптимальна кількість АРМ у системі обробки інформації N_{ARM}^{opt} за моделлю (8) визначається такою, що забезпечує мінімальне значення величини δ_{ARM} на обмеженому інтервалі зміни варійованого параметра N_{ARM} :

$$N_{ARM}^{opt} = N_{ARM} \text{ при } \delta_{ARM} = \min. \quad (9)$$

Для аналогового способу опису часткових критеріїв оптимальності (7) з використанням (3) отримаємо оптимізаційну математичну модель вигляду

$$F(N_{ARM}) = \gamma_{t0}(1-t_{ks}(N_{ARM}))^{-1} + \gamma_{D0}(1-D_{ks}(N_{ARM}))^{-1} + \gamma_{ID0}(1-ID_{ks}(N_{ARM}))^{-1} \rightarrow \min \quad (10)$$

де нормування вагових коефіцієнтів здійснюється згідно (6), а критеріальних

функцій $t_{ks0}(N_{ARM}), D_{ks0}(N_{ARM}), ID_{ks0}(N_{ARM})$ відповідно до (7).

Оптимальна кількість АРМ системи обробки інформації з використанням моделі (10) є розв'язком рівняння $\frac{dF(N_{ARM})}{dN_{ARM}} = 0$ з

округленням отриманого числа N_{ARM}^* до цілого значення відповідно до правила

$$N_{ARM}^{opt} = \min F(\min N_{ARM}^* \text{ или } \max N_{ARM}^*). \quad (11)$$

Отже, оптимізаційні моделі (8) і (10) забезпечують визначення оптимальної кількості АРМ, що включаються до складу системи обробки інформації, і непрямим чином визначають склад ТЗМ і виконавчих елементів СЗІБ. Цим вирішується перший етап структурно-параметричного синтезу системи реагування на КС. Необхідність формування дискретних і аналогових оптимізаційних моделей пояснюється наступним. Дискретна модель (8) проста в реалізації, дає однозначне рішення в суто дискретній задачі вибору кількості елементів складної системи, проте не забезпечує проведення глибокого аналізу і не має прогностичних властивостей [13]. Аналогова модель (10) має протилежні дискретній позитивні сторони і недоліки [14]. Тому для розв'язання оперативних розрахункових задач слід використовувати дискретні моделі визначення кількісного складу ІКК, а для дослідницьких цілей переважно застосування аналогових моделей.

Порядок практичного використання сформованих оптимізаційних моделей (8), (10) аналогічний, прикладу, розглянутому в статті [14], але з врахуванням особливостей і відзнак у складі критеріальних вимог (7).

Синтез якісної структури ІКК (вибір конкретних АРМ системи обробки інформації, ТЗМ та виконавчих елементів). Цей етап реалізується шляхом пошуку такого складу АРМ і необхідних для їх функціонування ТЗМ і виконавчих елементів (при відомому значенні N_{ARM}^{opt}), що складатимуть ІКК, в якій *найкращим* чином відображується виникла КС. Поняття *найкращого* відображення КС у кластері вимагає уточнення у вигляді критеріальних вимог. Для цього реалізується послідовність дій, яка показана на узагальненому прикладі.

Нехай задані формуляри КС [1] семи доступних для використання АРМ, що забезпечуються п'ятьма ТЗМ:

$$\begin{aligned}
ES_1 &= \{T_{ks1}^{ES}, I_{ks1}^{KS}(I_{ks1}^{ID})\}, T_{ks1}^{ES} = \begin{Bmatrix} T_{ks11} & T_{ks12} & T_{ks13} & T_{ks14} & T_{ks15} \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, I_{ks1}^{ES}(I_{ks1}^{ID}) = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, \\
ES_2 &= \{T_{ks2}^{ES}, I_{ks2}^{ES}(I_{ks5}^{ES})\}, T_{ks2}^{ES} = \begin{Bmatrix} T_{ks11} & T_{ks12} & T_{ks13} & T_{ks14} & T_{ks15} \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, I_{ks1}^{ES}(I_{ks5}^{ES}) = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, \\
ES_3 &= \{T_{ks3}^{ES}, I_{ks3}^{ES}(I_{ks3}^{ID})\}, T_{ks3}^{ES} = \begin{Bmatrix} T_{ks11} & T_{ks12} & T_{ks13} & T_{ks14} & T_{ks15} \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, I_{ks3}^{ES}(I_{ks3}^{ID}) = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, \\
ES_4 &= \{T_{ks4}^{ES}, I_{ks4}^{ES}(I_{ks4}^{ID})\}, T_{ks4}^{ES} = \begin{Bmatrix} T_{ks11} & T_{ks12} & T_{ks13} & T_{ks14} & T_{ks15} \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{Bmatrix}, I_{ks4}^{ES}(I_{ks4}^{ID}) = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, \\
ES_5 &= \{T_{ks5}^{ES}, I_{ks5}^{ES}(I_{ks5}^{ID})\}, T_{ks5}^{ES} = \begin{Bmatrix} T_{ks11} & T_{ks12} & T_{ks13} & T_{ks14} & T_{ks15} \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{Bmatrix}, I_{ks5}^{ES}(I_{ks5}^{ID}) = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, \\
ES_6 &= \{T_{ks6}^{ES}, I_{ks6}^{ES}(I_{ks2}^{ID})\}, T_{ks6}^{ES} = \begin{Bmatrix} T_{ks11} & T_{ks12} & T_{ks13} & T_{ks14} & T_{ks15} \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, I_{ks6}^{ES}(I_{ks2}^{ID}) = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, \\
ES_7 &= \{T_{ks7}^{ES}, I_{ks7}^{ES}(I_{ks3}^{ID})\}, T_{ks7}^{ES} = \begin{Bmatrix} T_{ks11} & T_{ks12} & T_{ks13} & T_{ks14} & T_{ks15} \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, I_{ks7}^{ES}(I_{ks3}^{ID}) = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}. \quad (12)
\end{aligned}$$

Заданими є і формуляри п'яти доступних ТЗМ:

$$\begin{aligned}
ID_1 &= \{I_{ks1}^{ID}, TX_{ks1}\}, I_{ks1}^{ID} = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, TX_{ks1} = \begin{Bmatrix} TX(I_{ks11}) & TX(I_{ks12}) & TX(I_{ks13}) & TX(I_{ks14}) \\ 1 & 8 & 2 & 5 \end{Bmatrix}, \\
ID_2 &= \{I_{ks2}^{ID}, TX_{ks2}\}, I_{ks2}^{ID} = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{Bmatrix}, TX_{ks2} = \begin{Bmatrix} TX(I_{ks11}) & TX(I_{ks12}) & TX(I_{ks13}) & TX(I_{ks14}) \\ 6 & 9 & 1 & 3 \end{Bmatrix}, \\
ID_3 &= \{I_{ks3}^{ID}, TX_{ks3}\}, I_{ks3}^{ID} = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{Bmatrix}, TX_{ks3} = \begin{Bmatrix} TX(I_{ks11}) & TX(I_{ks12}) & TX(I_{ks13}) & TX(I_{ks14}) \\ 2 & 4 & 1 & 7 \end{Bmatrix}, \quad (13) \\
ID_4 &= \{I_{ks4}^{ID}, TX_{ks4}\}, I_{ks4}^{ID} = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{Bmatrix}, TX_{ks4} = \begin{Bmatrix} TX(I_{ks11}) & TX(I_{ks12}) & TX(I_{ks13}) & TX(I_{ks14}) \\ 3 & 3 & 8 & 4 \end{Bmatrix}, \\
ID_5 &= \{I_{ks5}^{ID}, TX_{ks5}\}, I_{ks5}^{ID} = \begin{Bmatrix} I_{ks11} & I_{ks12} & I_{ks13} & I_{ks14} \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{Bmatrix}, TX_{ks5} = \begin{Bmatrix} TX(I_{ks11}) & TX(I_{ks12}) & TX(I_{ks13}) & TX(I_{ks14}) \\ 2 & 3 & 4 & 8 \end{Bmatrix}.
\end{aligned}$$

Неспівпадання I_{ks}^{ES} – множини (переліку) інформаційних потреб системи з усунення КС (узгоджені з можливостями ТЗМ) і I_{ks}^{ID} – переліку (множини) інформаційних можливостей ТЗМ пов'язано з актуалізацією I_{ks}^{ID} на момент виникнення КС. В якості значень параметрів переліку (множини) технічних характеристик (ТХ), що забезпечують його можливості ТЗМ [1] $TX(I_{ks})$ у прикладі (13) встановлені інтегровані оцінки, що змінюються в межах 0 – 10 з найкращим значенням, яке дорівнює десяти.

Далі здійснюється послідовності взаємних відображень формулярів КС, АРМ та ТЗМ шляхом перемножування відповідних елементів множин $KS_i = \{P_{ksi}, T_{ksj}^{KS}, I_{ksf}^{KS}\}$, $ES_j = \{T_{ksj}^{ES}, I_{ksf}^{ES}\}$ і $ID_f = \{I_{ksf}^{ID}, TX_f\}$. Цим реалізується формування свого роду унікальної числової кодової комбінації для кожного АРМ з врахуванням специфіки КС, що існують на час її виникнення можливостей

ТЗМ та їх ТХ. Пріоритет у реалізації послідовності операцій формуляра КС з усунення виниклої ситуації враховується шляхом розрахунку відповідних вагових коефіцієнтів пропорційно двійковому коду представлення десяткового числа. Двійковий код числа задається у вигляді

$$N_{kod} = \left\{ \frac{N_{kod1}}{2^0}, \frac{N_{kod2}}{2^1}, \frac{N_{kod3}}{2^2}, \dots \right\}. \quad (14)$$

Порядок реалізації вказаних дій здійснюється таким чином:

1. Відображення формуляра КС на формуляр АРМ в частині, що стосується переліку виконуваних завдань:

$$[ES_j(T_{ksj}^{ES}) \times KS_i(T_{ksj}^{KS})] = T_{ksj}^{\text{mod}KS}. \quad (15)$$

Тут і далі введені функціональні позначення вигляду $ES_j(T_{ksj}^{ES})$, $KS_i(T_{ksj}^{KS})$ характеризують відповідні елементи множин, що формують ці формуляри, а реалізація операції їх відображення здійснюється шляхом множення елементів складових підмножин.

2. Відображення формуляра ТЗМ на формуляр АРМ відносно інформаційних потреб:

$$\left[ES_j(I_{ksj}^{ES}) \times ID_f(I_{ksf}^{ID}) \right] = I_{ksj}^{\text{mod} ID}. \quad (16)$$

3. Відображення формуляру КС на результати (16):

$$\left[I_{ksj}^{\text{mod} ID} \times KS_i(I_{ksf}^{KS}) \right] = I_{ksj}^{\text{mod} ID, KS}. \quad (17)$$

4. Відображення результатів п. 3 на формуляр ТЗМ відносно їх ТХ:

$$\left[ID_f(TX_{ksf}) \times I_{ksj}^{\text{mod} ID, KS} \right] = TX_{ksj}^{\text{mod} ID, KS}. \quad (18)$$

Результатом описаних операцій є формуляр системи реагування на КС для рівня ІКК, що включає опис кожного АРМ із врахуванням виниклої ситуації, можливостей ТЗМ та потреб системи обробки інформації:

$$S = \left\{ P_{ks}, T_{ksj}^{\text{mod} KS}, I_{ksj}^{\text{mod} ID, KS}, TX_{ksj}^{\text{mod} ID, KS} \right\}. \quad (19)$$

5. Параметри, що складають формуляр системи, використовуються для розрахунку їх вагових коефіцієнтів по кожному АРМ. При цьому застосовується двійковий код (14) і враховується порядок формування формулярів КС, АРМ та ТЗМ. Розрахунок вагових коефіцієнтів для параметрів формуляра (19) реалізується з використанням виразів:

$$GT_j = \left\lfloor T_{ksj}^{\text{mod} KS} \times N_{kod} \right\rfloor, \quad GI_j = \left\lfloor I_{ksj}^{\text{mod} ID, KS} \times N_{kod} \right\rfloor, \\ GTX_j = \left\lfloor TX_{ksj}^{\text{mod} ID, KS} \times N_{kod} \right\rfloor. \quad (20)$$

6. Далі здійснюється знаходження сум значущих позицій з переліку параметрів формуляра (19) і вагових коефіцієнтів (20) для кожного АРМ

$$T_{Sj} = \sum_{l=1}^{L_l} T_{ksj}^{\text{mod} KS} (T_{ksil}), \quad I_{Sj} = \sum_{k=1}^{K_i} I_{ksj}^{\text{mod} ID, KS} (I_{ksik}), \\ TX_{Sj} = \sum_{m=1}^{M_i} TX_{ksj}^{\text{mod} ID, KS} (TX_{ksim}), \quad (21)$$

$$GT_{Sj} = \sum_{l=1}^{L_l} GT_j (GT_{ksil}), \quad GI_{Sj} = \sum_{k=1}^{K_i} GI_j (GI_{ksik}), \\ GTX_{Sj} = \sum_{m=1}^{M_i} GTX_j (GTX_{ksim}). \quad (22)$$

Отриманими результатами є узагальнені значення показників $T_{ksj}^{\text{mod} KS}$, $I_{ksj}^{\text{mod} ID, KS}$, $TX_{ksj}^{\text{mod} ID, KS}$ і їх вагових коефіцієнтів GT_j , GI_j , GTX_j . У результаті маємо дані, що характеризують кожне АРМ і які узагальнені у вигляді табл. 1.

Дані табл. 1 є початковими для формування часткових критеріальних вимог, що пред'являються до структури системи на рівні ІКК, що синтезується. При цьому

оптимальною буде структура системи, що забезпечує: виконання найбільшої кількості функцій АРМ із заданих формуляром КС $T_{Sj} \rightarrow \max$; найбільшу кількість використовуваних для усунення КС ТЗМ $I_{Sj} \rightarrow \max$ з найкращими ТХ $TX_{Sj} \rightarrow \max$.

Таблиця 1

Параметр	Номер АРМ			
	1	2	...	L_j
T_{Sj}	T_{S1}	T_{S2}	...	T_{SL_j}
GT_j	GT_1	GT_2	...	GT_{L_j}
I_{Sj}	I_{S1}	I_{S2}	...	I_{SL_j}
GI_j	GI_1	GI_2	...	GI_{L_j}
TX_{Sj}	TX_{S1}	TX_{S2}	...	TX_{SL_j}
GTX_j	GTX_1	GTX_2	...	GTX_{L_j}

Обмеження на кількість використовуваних АРМ і пов'язаних з ними ТЗМ накладається значенням N_{ARM}^{opt} . Таким чином маємо систему критеріальних вимог для реалізації структурно-параметричного синтезу системи реагування на КС для рівня ІКК:

$$\begin{cases} T_{Sj} \rightarrow \max, \\ I_{Sj} \rightarrow \max, \\ TX_{Sj} \rightarrow \max. \end{cases} \quad (23)$$

Зіставлення системи часткових критеріїв (1) і (23) дає змогу виявити суперечність останніх, що є ознакою багатокритеріальності. Тому рішення багатокритеріальної задачі структурно-параметричного синтезу проводитимемо з використанням нелінійної схеми компромісів у формі дискретної згортки (2). Це визначається дискретним характером опису зміни часткових критеріїв (23), наведених у табл. 1. Як вагові коефіцієнти використовуються параметри GT_j , GI_j , GTX_j , що відображають значущість постів по T_{Sj} , I_{Sj} , TX_{Sj} відповідно до прийнятої ієрархічної компоновки множин $T_{ksj}^{\text{mod} KS}$, $I_{ksj}^{\text{mod} ID, KS}$, $TX_{ksj}^{\text{mod} ID, KS}$, перетворених з позиційного коду в десяткове число згідно (20) і (22). Реалізувавши нормування часткових критеріїв (23) і вагових коефіцієнтів відповідно до (4) (у межах зміни j), застосовуючи (2) до (23), отримаємо оптимізаційну математичну модель структурно-параметричного синтезу ергатичної розподіленої інформаційно-керуючої системи реагування на КС для рівня ІКК з індивідуальними особливостями.

$$\Psi_j = GT_{j0}(1-T_{Sj0})^{-1} + GI_{j0}(1-I_{Sj0})^{-1} + GTX_{j0}(1-TX_{Sj0})^{-1} \rightarrow \min. \quad (24)$$

Нормування вагових коефіцієнтів згідно (4) обумовлено приведенням їх до форми, що мінімізується, для включення в згортку (2). Використання моделі (24) до даних табл. 1 дає

набір значень, що характеризують зміну узагальненого критерію оптимальності системи, що синтезується, – Ψ_j (табл. 2).

Таблиця 2

Параметр	Номер АРМ			
	1	2	...	L_j
Ψ_j	Ψ_1	Ψ_2	...	Ψ_{L_j}

Вибір N_{ARM}^{opt} АРМ з доступних для формування структури системи і, відповідно, необхідних ТЗМ реалізується шляхом контролю виконання умови мінімізації значень Ψ_j для кожного j -го АРМ. У результаті маємо перелік АРМ та ТЗМ, що формують структуру системи для реагування на виниклу КС для рівня ІКК. Параметри синтезованої таким чином системи побічно визначатимуть перелік виконавчих елементів, призначених для ліквідації КС, ТХ відібраних АРМ та ТЗМ. Структура зконфігурованої системи і її параметри є парето-оптимальними за сукупністю суперечливих критеріїв (1) або (7) і (23).

З врахуванням викладеного, **багатокритеріальна методика ситуаційного управління структурою і параметрами системи забезпечення інформаційної безпеки** (конфігурування системи) включатиме наступні етапи:

1) формування сегмента початкових даних – формулярів КС, АРМ, ТЗМ – шляхом ідентифікації виниклої КС за інформацією апріорно сформованих БД і баз знань (БЗ);

2) визначення оптимального кількісного складу АРМ системи обробки інформації, необхідних ТЗМ і обумовлених виконавчих елементів із використанням оптимізаційних моделей (8) або (10);

3) синтез якісної структури системи реагування на КС для рівня ІКК відповідно до виразів (14) – (24);

4) за результатами п. 3 формування ІКК складної ергатичної розподіленої інформаційно-керуючої системи реагування на КС: її структури і параметрів – відповідно до сегмента початкових даних – формулярів КС, АРМ, ТЗМ та переліку виконавчих елементів;

5) при зміні поточної ситуації реалізується повторення п. 1-5 методики.

Висновки. Розроблена методика базується на принципі ситуаційного управління, реалізованому з використанням методів багатокритеріального аналізу стосовно задачі аналізу і синтезу складних систем. Особливість методики полягає у спільному розв'язанні задачі структурного і параметричного синтезу системи. Етап структурного синтезу реалізований в

явному вигляді, а вибором параметрів системи є опосередкований процес інтерпретації результатів структурного синтезу і прийняття відповідних відібраних АРМ, ТЗМ, виконавчих елементів і ТХ в якості параметрів системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баранов Г. Л. Структурное моделирование сложных динамических систем / Г. Л. Баранов, А. В. Макаров. – К.: Наук. думка, 1986. – 272 с.
2. Воронин А. Н. Многокритериальное распределение ограниченных ресурсов / А. Н. Воронин // Проблемы управления и информатики. – 2010. – № 4. – С.143–150.
3. Воронин А. Н. Многокритериальный синтез динамических систем / А. Н. Воронин. – К: Наук. думка, 1992. – 160 с.
4. Воронин А. Н. Сложные технические и эргатические системы: метод использования / А. Н. Воронин, Ю. К. Зиятдинов, А. В. Харченко, В. В. Остапешский. – Харьков: Факт, 1997. – 240 с.
5. Воронин А. Н. Вложенные скалярные свертки векторного критерия / А. Н. Воронин // Проблемы управления и информатики. – 2003. – №5. – С. 10–21.
6. Воронин А. Н. Методика многокритериальной оценки эффективности научных космических проектов / А. Н. Воронин, Л. Н. Колос, Л. В. Подгородецкая // Проблемы управления и информатики. – 2004. – №5. – С. 46–56.
7. Основы моделирования сложных систем: учеб. пособие для студ. вузов / под ред. И. В. Кузьмина. – К.: Высш. шк., 1981. – 360 с
8. Цвиркун А. Д. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем (оптимизационно-имитационный подход) / А. Д. Цвиркун, В. К. Акинфиев, В. А. Филиппов. – М.: Наука, 1985. – 173 с.
9. Цвиркун А. Д. Основы синтеза структуры сложных систем / А. Д. Цвиркун. – М.: Наука, 1982. – 200 с.
10. Ангушев Г. С. Методы параметрического синтеза сложных технических систем/Г. С. Ангушев.– М.: Наука, 1986. – 88 с.
11. Анкудинов Г. И. Синтез структуры сложных объектов: логико-комбинированный подход / Г. И. Анкудинов. – Л.: Изд-во Леингр. ун-та, 1986 – 260 с.
12. Вермишев Ю. Х. Методы автоматического поиска решений при проектировании сложных технических систем / Ю. Х. Вермишев.– М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.
13. Игнатов И. М. Ракета как объект управления: учеб. / И. М. Игнатов, Л. Д. Кучма, Н. В. Поляков,

- Ю. Д. Шептун / под ред. акад. С. Н. Конюхова. – Д.: АРТПРЕСС, 2004. – 44 с.
14. Іщенко В. І. Синтез адаптивних алгоритмів оцінювання параметрів руху маневруючі літальних об'єктів / В. І. Іщенко, І. В. Зімчук // Вісн. ЖІТІ. Технічні науки. – 1999. – №9. – С. 120–124.
 15. Дружинин В. В. Системотехніка / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.
 16. Дубов Ю. А. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем / Ю. А. Дубов, С. И. Травкин, В. Н. Янищев. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
 17. Козак В. М. Системний аналіз автоматизованих організаційно-технічних систем: навч. посіб. / В. М. Козак. – К.: Книжк. вид-во НАУ, 2008. – 164 с.
 18. Лавинский Г. В. Построение и функционирование сложных систем управления: учеб. пособие / Г. В. Лавинский. – К.: Вища шк., 1989. – 336 с.
 19. Нечипоренко В. И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность) / В. И. Нечипоренко. – М.: Сов. радио, 1977. – 216 с.
 20. Калачев М. Г. Применение методов нелинейной фильтрации в задачах оценивания фазовых координат динамических объектов / М. Г. Калачев, В. Г. Никонов // Автоматика и телемеханика. – №12. – 1979. – С. 71–79.
 21. Каханер Д. Численные методы и программное обеспечение: пер. с англ / Д. Каханер, К. Моулер, С. Нэш. – М.: Мир, 1998. – 575 с.
 22. Деклараційний пат. на винахід 7G01S13/00 Спосіб визначення прогнозованого положення балістичних об'єктів / С. В. Ковбасюк, О. О. Писарчук, О. М. Хімчик. – К.: Держ. департамент інтелект. власності.
 23. Герговський В. М. Основи програмного та математичного забезпечення автоматизованих систем управління військового призначення: навч. посіб. / В. М. Герговський, С. В. Ковбасюк, О. О. Писарчук. – Житомир: ЖВІРЕ, 2005. – 300 с.

Стаття надійшла до редакції 11.10.2016

Писарчук А. А., д.т.н., проф.¹;

Соколов К. А.²;

Гудима О. П. к.т.н., с.н.с.²

¹ - Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Житомир;

² - Управление информационных технологий Министерства обороны Украины, Киев

Разработка многокритериальной методики ситуационного управления структурой и параметрами системы обеспечения информационной безопасности

Резюме. В статье предложена методика, которая позволит реализовать структурно-параметрический синтез системы с получением адекватного результата для эффективного реагирования на возникшую кризисную ситуацию (КС) информационного направления. Особенности предлагаемого подхода по сравнению с известными аналогами являются: многокритериальная формализация исходной задачи синтеза и ее решения с использованием технологии вложенных сверток; ситуативное конфигурирование системы в зависимости от КС, сложившейся на данный момент, имеющихся источников информации и их характеристик, доступного состава исполнительных элементов; совместное решение задач структурного и параметрического синтеза.

Ключевые слова: обороноспособность государства, информационная безопасность, кризисная ситуация, ситуационное управление, автоматизированные системы управления, информационные системы.

A. Pisarchuk, Ds.T, professor¹;

K. Sokolov²;

O. Hudyma, Ph.D²

¹ - Zhytomyr Military Institute of Radioelectronics S.P. Korolyov, Zhytomyr;

² - Department of Information Technology of the Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv

Development methods multi situational management structure and parameters of information security system

Resume. In the article the technique that will allow to implement structural and parametric synthesis systems to obtain adequate results for effective response to a crisis situation (CS) information areas. The features of the proposed approach compared with the known analogs are: multicriteria formalization initial synthesis problem and its solution using technology embedded bundle; situational system configuration according to the Constitutional Court, prevailing at present available sources and their characteristics of available actuators; joint problems solving structural and parametric synthesis.

Keywords: state defense, information security, crisis, case management, automated management information systems.