

УДК 621.396

канд. техн. наук Бовда Е. М. ORCID: 0000-0002-8267-2120 (ВІТІ ім. Героїв Крут)
д-р техн. наук Самохвалов Ю. Я. ORCID: 0000-0001-5123-1288 (КНУ ім. Т. Шевченка)
Клименко В. М. ORCID: 0000-0001-7834-7213 (ВІТІ ім. Героїв Крут)

ДЕЯКІ АСПЕКТИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розглянуто питання концептуального проектування інфокомунікаційних систем військового призначення. Проектування таких систем передбачає поетапне створення технічної та організаційної моделі майбутньої системи, здатної ефективно виконувати задані функції. Запропоновано декларативно-процедурну структуру розробки концепції таких систем. Концепція системи виступає в якості керівного і організуючого початку при формуванні проекту системи, обґрунтуванні її технічного вигляду і тактико-технічних вимог, що пред'являються до системи. Запропоновано механізм формування варіантів концепції на основі морфологічного методу Цвікі. Властивістю морфологічного підходу є спрямованість на пошук повноти і спільності варіантів побудови системи. Це дозволяє систематично виявити всю сукупність можливих варіантів, проаналізувати наслідки прийнятих рішень і врахувати наявність декількох цілей, для досягнення яких призначається проєктована система. Обґрунтовано застосування методу аналізу ієрархій для вибору варіанту, який найбільше відповідає вимогам зацікавлених осіб. Розглянуто питання визначення очікуваних результатів реалізації обраного варіанту концепції та їх методи. На основі отриманих оцінок глобального домінування альтернатив визначається відносна оцінка ефективності концепції за обраним показником. Якщо задано кілька показників, то в цьому випадку отримують інтегральну оцінку ефективності за цими показниками. В цілому розглянутий підхід не претендує на завершеність і може бути використаний в якості пілотажу для розробки відповідних методик концептуального проектування інфокомунікаційних систем.

Ключові слова: концептуальне проектування, концепція, інфокомунікаційні системи військового призначення, метод морфологічного аналізу, функціональна ефективність, техніко-економічні показники.

E. Bovda, Y. Samokhvalov, V. Klymenko. Some aspects of conceptual design of military information and communication systems

The article considers the issues of conceptual design of military information and communication systems. The design of such systems involves the phased creation of a technical and organizational model of the future system capable of effectively performing the specified functions. A declarative-procedural structuring of the development of the concept of such systems is proposed. The concept of the system acts as a guiding and organizing principle in the formation of the system design, the justification of its technical appearance, and the tactical and technical requirements imposed on the system. A mechanism for forming concept options based on Zwicky's morphological method is proposed. A feature of the morphological approach is its focus on finding the completeness and commonality of system design options. This allows for the systematic identification of all possible options, analysis of the consequences of decisions made, and consideration of the multiple goals for which the designed system is intended. The application of the hierarchy analysis method for selecting the option that best meets the requirements of interested parties is justified. The issues of determining the expected results of implementing the selected concept option and their methods are considered. Based on the obtained estimates of global dominance of alternatives, a relative assessment of the concept's effectiveness is determined for the selected indicator. If several indicators are specified, an integral assessment of effectiveness for these indicators is obtained. In general, the approach considered does not claim to be complete and can be used as a pilot for the development of appropriate methods for the conceptual design of information and communication systems.

Keywords: conceptual design, concept, military information and communication systems, morphological analysis method, functional effectiveness, technical and economic indicators.

Постановка завдання та актуальність дослідження. Інфокомунікаційна система (ІКС) – сукупність інформаційних та електронних комунікаційних систем, які у процесі обробки інформації діють як єдине ціле [1].

У Збройних Сил України інфокомунікаційні системи виконують роль базової інфраструктури, яка забезпечує оперативний та надійний обмін інформацією, підтримку цифрових сервісів, автоматизацію управлінських і виробничих процесів, інтеграцію різних галузей (економіки, науки, освіти, оборони) у єдиний інформаційний простір для потреб оборони.

У загальному вигляді інфокомунікаційна система військового призначення за своєю організаційною побудовою є ієрархічною і в залежності від задач, що вирішуються, може бути системою стратегічного, оперативного, або тактичного рівня (рис. 1). Основним елементом ІКС є система управління, яка виконує основні функції:

мережевого управління, що складається з завдань: управління конфігурацією; управління безпекою; управління за відмов; управління послугами; управління робочими характеристиками;

управління розподіленими застосуваннями;

моніторинг технічного програмного забезпечення;

підтримання прийняття рішень щодо функціонування мережі;

управління модернізацією;

моделювання мереж;

тренування та злагодження особового складу пунктів управління.

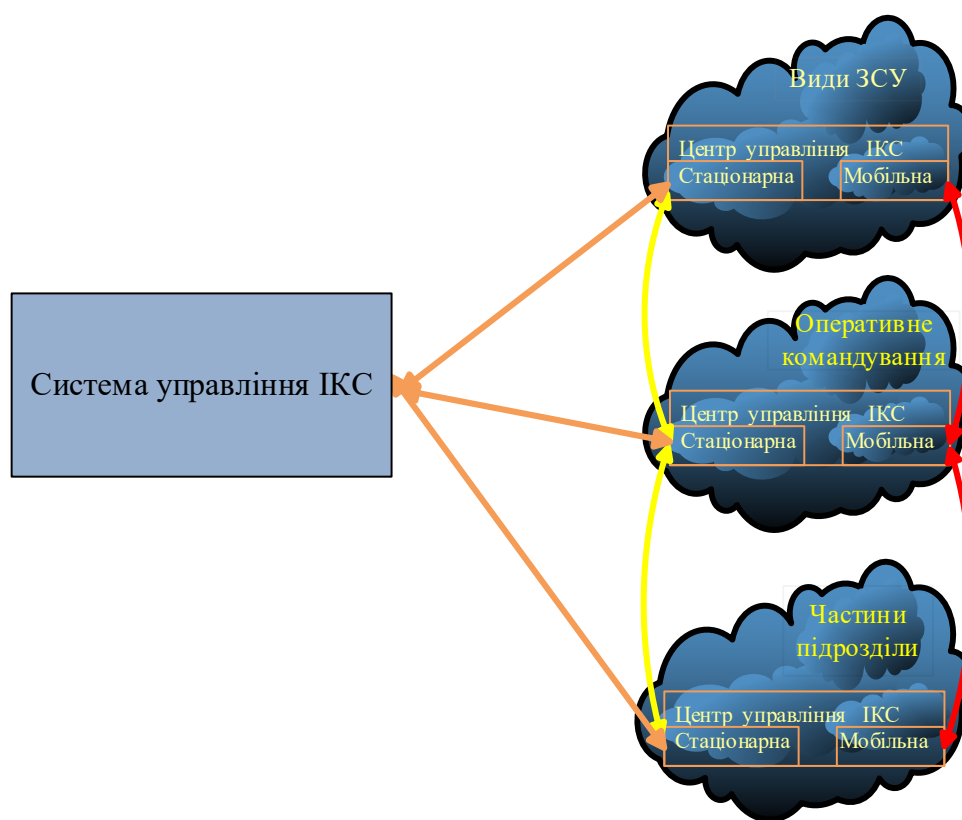


Рис. 1. Загальна схема інфокомунікаційної системи військового призначення

Проектування інфокомунікаційних систем військового призначення передбачає поетапне створення технічної та організаційної моделі майбутньої системи, здатної ефективно виконувати задані функції. Особливістю проектування є необхідність інтеграції різномірних технологій (мережових, обчислювальних, програмних), забезпечення масштабованості, сумісності та кіберзахисту, а також урахування швидких темпів розвитку інфокомунікаційних технологій, що потребує гнучких та адаптивних рішень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Концептуальне проектування ІКС здійснюється на початковій стадії її проектування, результатом якої є концепція системи. Вона є стратегічним документом, в якому втілений генеральний задум (керівна ідея) її побудови та функціонування [2; 3].

Незважаючи на практичну важливість результатів концептуального проектування, у вітчизняних програмах етапу «формулювання концепції» незаслужено мало приділяється уваги. У зв'язку з цим практично не опрацьовуються в достатній мірі фундаментальні питання системної побудови системи та її функціонування. У зарубіжній же практиці цьому етапу приділяється значно більше уваги. Так, ще в 1965 р. в Міністерстві оборони США було прийнято рішення, що без етапу «формулювання концепції» пропозиції про контракти на розробку військової техніки просто не розглядаються [2].

На сьогодні відсутня будь-яка цілісна і апробована методологія, що дозволяє розглядати процес концептуального проектування комплексно, з системних позицій. Тому концептуальні рішення щодо створення автоматизованих систем військового призначення приймаються на основі евристики, інтуїтивних міркувань і досвіду вирішення аналогічних завдань. І, як наслідок, питання концептуального проектування в більшості своїй висвітлені тільки на понятійному та декларативному рівнях [2]. Таке становище в області концептуального проектування ІКС не дозволяє приймати проєктні рішення з гарантованим досягненням мети і не відповідає умовам результативності. У підсумку це призводить до порушення термінів реалізації проєктів, перевитрат коштів і невиконання вимог показників до кінцевого результату. Тому в даний час ці питання вимагають інтенсивного обговорення і розвитку.

У галузі конструктивної методології розробки концепції ІКС можна відзначити роботи [3–8], в яких розглядаються питання формування технічного обриса перспективних зразків озброєння та військової техніки, проектування інформаційних систем, системно-концептуальні основи і елементи методології формування оперативно-тактичних і тактико-технічних вимог, що пред'являються до перспективних зразків озброєння і військової техніки та зразків, що модернізуються, формування концептуальних проєктних моделей перспективних складних зразків озброєння і військової техніки, методичні аспекти концептуального проектування автоматизованих систем, передпроєктного проектування ІКС.

У даній роботі отримав подальший розвиток підхід до структурування і формалізації процесу концептуального проектування, запропонованого в [7]. Запропонований підхід базується на методі морфологічного аналізу Ф. Цвіккі, що дозволяє виявити, систематизувати і вивчити всі можливі варіанти побудови системи, призначеної для реалізації заданих функцій, вибрати найбільш раціональний, оцінити його функціональну ефективність і техніко-економічні показники.

Метою статті є дослідження шляхів концептуального проектування інфокомунікаційних систем військового призначення

Основна частина. *Декларативно-процедурне структурування розробки концепції.* З точки зору семантики, термін «концепт» відображає зміст поняття, його сенс, тому проектування на концептуальному рівні – це проектування на рівні сенсу або змісту поняття систем. З огляду на цю тезу, процес розробки концепції можна представити як синтез можливостей засобів обчислювальної техніки (ЗОТ), концептуальних ідей їх використання для досягнення максимуму ефекту системи, а також вимог користувача [2]. Це творчий процес, і, по суті, є сумішшю науки і мистецтва.

Концептуальні ідеї використання можливостей ЗОТ формуються на основі досвіду, знань та інтуїції і представляють відкриту множину, оскільки під впливом розвитку науки, практики та запитів користувачів ідеї виникають і зникають. Ці ідеї можна згрупувати в чотири групи [2]: інформатизація, інтелектуалізація, інтеграція та індивідуалізація. З урахуванням сказаного, процес формування концепції ІКС в загальному вигляді можна представити наступною схемою [7] (Рис. 2).

На основі даної схеми формується концепція системи, яка виступає в якості керівного і організуючого початку при формуванні проєкту системи, обґрунтуванні її технічного вигляду і тактико-технічних вимог, що висувають до системи. Вона в найбільш концентрованому вигляді з позицій найголовніших функціональних властивостей і ключових характеристик

представляє ІКС, об'єднує в єдине ціле потреби, можливості, ресурси та обмеження при розробці, виробництві, експлуатації та застосуванні за функціональним призначенням системи.



Рис. 2. Загальна системно-логічна схема розробки ІКС

Основоположними складовими частинами концепції ІКС військового призначення є: оперативно-тактична концепція; науково-технічна концепція; виробничо-економічна концепція [6] (рис. 3).



Рис. 3. Складові частини концепції ІКС

Оперативно-тактична концепція ІКС характеризує призначення системи, покладені на неї завдання, умови їх виконання та оперативно-тактичні вимоги, що впливають з них і пред'являються до системи. Ключовими компонентами оперативно-тактичної концепції ІКС

є її функціональні властивості, наприклад, такі, як мобільність, безперервність, застосовність, стійкість тощо.

Науково-технічна концепція ІКС відображає науково-технічні можливості, матеріально-технічну основу можливого створення ІКС і визначає технічні шляхи та засоби реалізації оперативно-тактичних вимог, що пред'являються до системи.

Виробничо-економічна концепція ІКС визначає наявні та прогнозовані необхідні ресурси, можливості та обмеження виробничо-технологічного характеру при розробці та виробництві системи.

Вимоги, що пред'являються до ІКС – це вимоги до бойових (функціональних) можливостей та ефективності застосування системи для виконання покладених на неї завдань у складі системи управління. Вони впливають з ролі та місця ІКС в системі управління. Вимоги представляються сукупністю найбільш важливих (істотних) бойових (функціональних) властивостей, якими повинна володіти ІКС, і виражаються у формі вимог до рівневих значень кількісно-якісних показників, за допомогою яких оцінюється ступінь прояву кожної з цих властивостей. Вимоги до ІКС повинні відображати: призначення і область застосування (просторово-часові характеристики); завдання, покладені на зразок; вимоги до основних бойових (функціональних) властивостей ІКС; умови застосування за призначенням тощо. За своєю суттю вимоги до ІКС – це вимоги, що виконують роль системно об'єднуючої основи тактико-технічних вимог, відповідно до яких формуються інші їх компоненти.

На основі загальних вихідних даних, отриманих в результаті обстеження об'єкту автоматизації (ОА), визначаються фактори, що зумовлюють дефіцит ефективності функціонування ОА, а також завдання ІКС та умови їх вирішення. В результаті всебічного аналізу шляхів удосконалення системи для забезпечення вирішення завдань у заданих умовах з необхідним рівнем ефективності формується оперативно-тактична концепція ІКС, яка відіграє роль інформаційної основи для обґрунтування оперативно-тактичних вимог до функціонування системи.

Дослідження науково-технічних можливостей створення ІКС з урахуванням реалізації оперативно-тактичної концепції призводять до формування науково-технічної концепції системи, яка в комплексі з оперативно-тактичними вимогами виступає базою для обґрунтування тактико-технічних вимог. Виробничо-економічний аналіз можливості створення ІКС, яка б реалізувала її науково-технічну концепцію, призводить до формування виробничо-економічної концепції системи.

Формування варіантів концепції. Як було зазначено вище, концепція ІКС являє собою сукупність поглядів (ідей) на принципи розробки та функціонування системи та її архітектуру. Згідно зі стандартом IEEE 1471-2000 архітектура – це базова організація системи, втілена в її компонентах, їхніх відносинах між собою та з оточенням [9]. Під компонентом розуміється модульна частина системи, яка інкапсулює її вміст. В якості компонент базової організації ІКС виступає організаційно-функціональна структура системи, її функції та режими функціонування, а також склад видів забезпечення [10].

У процесі формування концепції, як правило, розглядаються різні концептуальні ідеї та інформаційні технології, що дозволяє сформулювати альтернативні її варіанти. Цей процес пропонується реалізувати в рамках морфологічного підходу Цвікі [11], який є досить ефективним засобом для вирішення завдання формування варіантів різноманітних систем. Найбільш характерною і суттєвою властивістю морфологічного підходу є його спрямованість на пошук повноти і спільності варіантів побудови системи. Він дозволяє систематично виявити всю сукупність можливих варіантів, проаналізувати наслідки прийнятих рішень і врахувати наявність декількох цілей, для досягнення яких призначається проєктована система.

В основі морфологічного підходу лежать три розвинені Ф. Цвіккі морфологічні методи: метод систематичного покриття поля, метод заперечення і конструювання та метод морфологічного аналізу. Останній застосовується найчастіше, оскільки є досить простим.

Згідно з цим методом спочатку визначаються компоненти концепції системи, які відображають її архітектуру, функції та види забезпечення. Потім для кожної компоненти визначаються способи її реалізації. В результаті формується морфологічна таблиця. Фрагмент цієї таблиці, що відображає можливі варіанти реалізації функцій системи, наведено на рисунку 4.

Функції системи	Можливі способи реалізації функції					Число способів
	c_{11}	c_{12}	c_{13}	\dots	c_{1k_1}	
F_1	c_{11}	c_{12}	c_{13}	\dots	c_{1k_1}	k_1
F_2	c_{21}	c_{22}	c_{23}	\dots	c_{2k_2}	k_2
\dots	\cdot	\cdot	\cdot	\dots	\cdot	
F_l	c_{l1}	c_{l2}	c_{l3}	\dots	c_{lk_l}	k_l
\dots	\cdot	\cdot	\cdot	\dots	\cdot	
F_L	c_{L1}	c_{L2}	c_{L3}	\dots	c_{Lk_L}	k_L

Рис. 4. Можливі варіанти реалізації функцій системи

У цій таблиці ланцюжок пов'язаних шляхів показує один із варіантів реалізації функцій системи, а кожен рядок таблиці визначає відповідний морфологічний клас, тобто рядок $F_l = (c_{l1}, \dots, c_{lk_l})$ визначає l -й морфологічний клас.

При використанні методу морфологічного аналізу виникає проблема розмірності, яка пов'язана з великою кількістю різноманітних варіантів системи навіть при вирішенні відносно невеликої за складністю задачі. Тому особливого значення набуває дослідження можливої локалізації областей досліджуваних варіантів системи. Ці області повинні включати в себе варіанти, кращі в певному сенсі, причому їх кількість повинна бути в розумних межах. Один із способів, що дозволяє здійснити таку локалізацію, був запропонований Р. Ейресом [12].

В основі способу Ейреса лежить поняття «відстані» для морфологічних варіантів.

Введемо наступні поняття.

Морфологічний простір (Λ) – це сукупність дискретних точок, де кожна точка представляє конкретну комбінацію способів реалізації функцій системи.

Морфологічний варіант – це точка в морфологічному просторі.

Морфологічна відстань – це кількість функцій, для яких два варіанти мають неспівпадаючі елементи.

Нехай $x = (x_1, \dots, x_L)$, $x_l \in F_l$ – морфологічний варіант. Тоді морфологічна відстань $\rho(x, y)$ між варіантами x і y обчислюється наступним чином:

$$\rho(x, y) = \sum_{l=1}^L (1 - \delta_{x_l y_l}),$$

де $\delta_{x_l y_l}$ є символ дельта Кронекера: $\delta_{x_l y_l} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_l = y_l, \\ 0, & \text{в протилежному випадку.} \end{cases}$

Сферичною околицею $u_{\rho,L}(x)$ радіуса ρ з центром у точці $x \in \Lambda$ називається підмножина точок у метризованого простору Λ , віддалених від точки x на відстані ρ :

$$u_{\rho,L}(x) = \{y \mid \rho(x, y) = \rho; x, y \in \Lambda\}.$$

Кульовою околицею $w_{r,L}(x)$ радіуса ρ з центром у точці $x \in \Lambda$ називається підмножина точок у метризованого простору Λ , віддалених від точки x на відстані, не більшій за r :

$$w_{\rho,L}(x) = \{y \mid \rho(x, y) \leq r; x, y \in \Lambda\}.$$

В якості локалізації областей досліджуваних варіантів системи можна використовувати обидві околиці, проте, на наш погляд, більш інформативною є кульова околиця.

На ранніх стадіях морфологічного аналізу бажано виключати з розгляду завідомо нереалізовані варіанти, тобто варіанти, які містять несумісні елементи різних класів. У морфологічному просторі таким варіантам будуть відповідати заборонені точки, які слід виключити з числа точок околиці, яка розглядається.

Будемо вважати, що морфологічний варіант є допустимим тоді і тільки тоді, коли всі елементи, що входять до нього, попарно сумісні. Поставимо кожній парі елементів x_i і x_k вектору $x \in \Lambda$ у відповідність індикатор $b(c_i, c_k)$ сумісності елементів c_i і c_k векторів x_i і x_k , тобто:

$$b(c_i, c_k) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } c_i \text{ та } c_k \text{ сумісні,} \\ 0, & \text{в протилежному випадку} \end{cases}$$

Тоді кількість варіантів, всі елементи яких попарно сумісні, буде дорівнювати:

$$N(x) = \prod_{i \geq k} b(c_i, c_k) = 1,$$

а число всіх допустимих варіантів буде дорівнювати:

$$N = \sum_{x \in \Lambda} N(x).$$

Наведені вище результати дають можливість формувати і досліджувати тільки ті варіанти системи, які знаходяться в деякій околиці заданої точки морфологічного простору. Вибір цієї «базової» точки, як правило, визначається змістовною постановкою задачі. В якості базової точки може виступати, наприклад, вже існуючий варіант системи або ж деякий гіпотетичний варіант, що має досить високі оцінки за критеріями, але неприпустимий через попарну несумісність його елементів.

Якщо базових варіантів декілька, то можна виділити такі точки морфологічного простору, сумарна відстань від яких до всіх базових варіантів мінімальна. Іншими словами, виникає завдання визначення варіантів, які в середньому найбільш наближені до множини базових варіантів. При цьому передбачається, що реалізувати такі проміжні варіанти буде простіше, оскільки значною мірою можна буде використовувати досвід, отриманий при розробці та застосуванні базових варіантів.

Медіаною множини точок Y метризованого морфологічного простору Λ називається будь-яка точка $x \in \Lambda$, сумарна відстань від якої до всіх точок множини Y мінімальна. Медіана M множини Y обчислюється наступним чином:

$$M = \underset{x \in \Lambda}{\operatorname{Argmin}} \frac{1}{|Y|} \sum_{y \in Y} p(x, y).$$

Аналогічно будуються морфологічні таблиці для інших компонентів концепції (рис. 5).

		Компоненти	Елементи	Принципи	Способи реалізації					
		Організаційно-функціональна структура			Принципи побудови організаційно-функціональної структури	c_1^S	c_2^S	c_3^S	...	$c_{k_S}^S$
Концепція ІКС	Функції	F_1	Принципи реалізації функцій	Принципи реалізації функцій	$c_1^{F_1}$	$c_2^{F_1}$	$c_3^{F_1}$...	$c_{k_{F_1}}^{F_1}$	
		\vdots			\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		
F_{n_F}	$c_1^{F_{n_F}}$	$c_2^{F_{n_F}}$			$c_3^{F_{n_F}}$	...	$c_{k_{F_{n_F}}}^{F_{n_F}}$		
Режими функціонування	R_1	Принципи функціонування	Принципи функціонування	Принципи функціонування	$c_1^{R_1}$	$c_2^{R_1}$	$c_3^{R_1}$...	$c_{k_{R_1}}^{R_1}$	
	\vdots				\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		
R_{n_R}	$c_1^{R_{n_R}}$				$c_2^{R_{n_R}}$	$c_3^{R_{n_R}}$	...	$c_{k_{R_{n_R}}}^{R_{n_R}}$	
Види забезпечення	Компоненти математичного забезпечення	M_1	Принципи розробки математичного забезпечення	Принципи розробки математичного забезпечення	$c_1^{M_1}$	$c_2^{M_1}$	$c_3^{M_1}$...	$c_{k_{M_1}}^{M_1}$	
		\vdots			\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		
	M_{n_M}	$c_1^{M_{n_M}}$			$c_2^{M_{n_M}}$	$c_3^{M_{n_M}}$	...	$c_{k_{M_{n_M}}}^{M_{n_M}}$	
	Компоненти інформаційного забезпечення	I_1	Принципи розробки інформаційного забезпечення	Принципи розробки інформаційного забезпечення	Принципи розробки інформаційного забезпечення	$c_1^{I_1}$	$c_2^{I_1}$	$c_3^{I_1}$...	$c_{k_{I_1}}^{I_1}$
		\vdots				\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	
	I_{n_I}	$c_1^{I_{n_I}}$				$c_2^{I_{n_I}}$	$c_3^{I_{n_I}}$...	$c_{k_{I_{n_I}}}^{I_{n_I}}$	
Компоненти програмного забезпечення	P_1	Принципи розробки програмного забезпечення	Принципи розробки програмного забезпечення	Принципи розробки програмного забезпечення	$c_1^{P_1}$	$c_2^{P_1}$	$c_3^{P_1}$...	$c_{k_{P_1}}^{P_1}$	
	\vdots				\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		
P_{n_P}	$c_1^{P_{n_P}}$				$c_2^{P_{n_P}}$	$c_3^{P_{n_P}}$	...	$c_{k_{P_{n_P}}}^{P_{n_P}}$	
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		
Компоненти технічного забезпечення	T_1	Принципи розробки технічного забезпечення	Принципи розробки технічного забезпечення	Принципи розробки технічного забезпечення	$c_1^{T_1}$	$c_2^{T_1}$	$c_3^{T_1}$...	$c_{k_T}^{T_1}$	
	\vdots				\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		
T_{n_T}	$c_1^{T_{n_T}}$				$c_2^{T_{n_T}}$	$c_3^{T_{n_T}}$	...	$c_{k_{T_{n_T}}}^{T_{n_T}}$	

Рис. 5. Морфологічна таблиця концепції інфокомунікаційної системи

У цій таблиці ланцюжок пов'язаних способів показує варіант концепції системи.

Вибір варіанту концепції. Для стадії концептуального проектування ІКС характерна низька структурованість предметних областей, багатоаспектність процесів, що відбуваються, відсутність достатньої кількісної інформації про їх динаміку, неповнота і неточність вихідних даних, що обумовлює велику невизначеність у прийнятті рішень [13]. Тому найбільш ефективними, а в деяких випадках і єдино можливими методами, які можуть бути використані для вирішення даного завдання, є методи експертних оцінок, зокрема, метод аналізу ієрархій (МАІ) [14; 15]. При цьому, в умовах, коли висувуються підвищені вимоги до точності результатів, можна використовувати підхід [17], який дозволить підвищити узгодженість парних порівнянь.

Ми не будемо наводити всі механізми цього методу, а розглянемо тільки його основний етап, що полягає в структуруванні завдання у вигляді домінуючої ієрархії.

Вершина ієрархії визначає мету завдання – вибір варіанту концепції ІКС. Потім формується рівень так званих акторів, які здатні впливати на створення і функціонування ІКС. Наступний рівень складають вимоги (цілі) акторів, які мотивують вибір. Можливий перелік акторів та їх вимог наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Перелік акторів та їх вимог

Актори	Вимоги (цілі)
Керівництво об'єкта автоматизації (замовник – головний центр управління ІКС)	Передбачуваність ходу проектування, продуктивне використання ресурсів та бюджету; виконання функціональних вимог до ІКС
Кінцевий користувач (центр управління ІКС різного рівня)	Інтуїтивно зрозуміле та коректне функціонування ІКС, продуктивність, надійність, зручність використання, доступність та безпека
Системний адміністратор ІКС	Інтуїтивно зрозуміле функціонування та управління ІКС, наявність інструментів моніторингу
Фахівець із супроводу ІКС	Зрозумілий, несуперечливий та документований принцип функціонування ІКС, легкість внесення змін
Розробник ІКС	Прості та несуперечливі принципи проектування

У таблиці 2 наведено функціональні вимоги, які, як правило, висуваються до ІКС, та показники їх функціонування [6; 7].

Таблиця 2

Функціональні вимоги, які висуваються до ІКС

Вимога	Показник
Оперативність (швидкість)	Час на збирання, обробку та видачу інформації
	Час прийняття рішення, постановку і доведення завдань до виконавців
	Час вирішення завдань
Розмах	Дальність передачі
	Площа збору інформації
Безперервність	Математичне очікування часу максимальної перерви функціонування
	Математичне очікування часу на мінімальну тривалість безперебійної роботи
Стійкість (живучість, завадостійкість, надійність, електромагнітна сумісність)	Коефіцієнт стійкості
	Ймовірність своєчасного збирання інформації
	Ймовірність своєчасної передачі
	Коефіцієнт живучості
	Коефіцієнт збереження працездатності
	Коефіцієнт завадостійкості
	Коефіцієнт готовності
	Середній час безвідмовної роботи
	Ймовірність безвідмовної роботи за заданий час
Коефіцієнт електромагнітної сумісності	
Пропускна спроможність	Коефіцієнт інформаційного заповнення системи
	Коефіцієнт обробки (переробки) інформації
	Коефіцієнт споживання інформації
	Сумарний показник пропускної спроможності
	Максимальна пропускна спроможність каналу, маршруту, напряму
	Мінімальний час доставки пакетів
Ефективна пропускна спроможність	

Вимога	Показник
	Середня пропускна спроможність мережі
	Пікова пропускна спроможність
Точність	Точність формування, збору, обробки та видачі інформації, а також її давність
	Сумарний коефіцієнт спотворення інформації (час давності інформації; час старіння)
	Середньоквадратичні помилки результатів розв'язання задач

I, нарешті, елементами нижнього рівня ієрархії є варіанти концепції системи, які представляються відповідними компонентами її архітектури, що відображають систему поглядів на побудову системи відповідним варіантом. Таку ієрархію можна представити у вигляді наступного дерева (рис. 6).

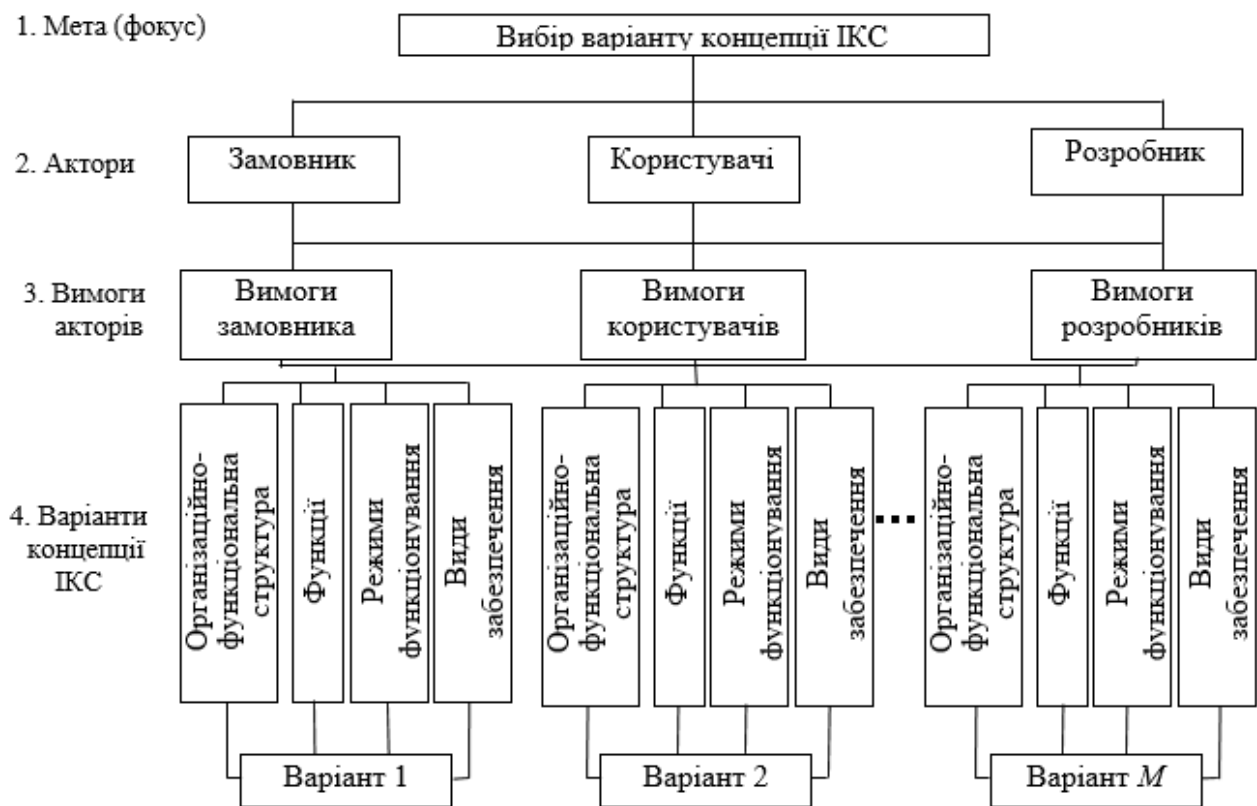


Рис. 6. Ієрархія завдання вибору варіанту концепції ІКС

Далі здійснюється побудова матриць домінування елементів рівнів ієрархії та послідовне обчислення локальних і глобальних пріоритетів. Варіант з найбільшим глобальним пріоритетом визначатиме концепцію системи.

Визначення очікуваних результатів реалізації концепції. Під очікуваними результатами реалізації концепції, згідно з [16], розуміється функціональна ефективність створюваної ІКС та її техніко-економічні показники.

Оцінювання функціональної ефективності ІКС. Функціональна ефективність ІКС – це властивість системи реалізовувати свої функції в заданих умовах функціонування та з певною якістю [9]. Суть оцінювання функціональної ефективності ІКС полягає у визначенні відносних оцінок прогнозованих показників функціонування системи з поточними, які визначаються в процесі обстеження ОА.

Для стадії концептуального проектування ІКС характерна низька структурованість предметних областей, багатоаспектність процесів, що відбуваються, відсутність достатньої кількісної інформації про їх динаміку, неповнота і неточність вихідних даних, що обумовлює велику невизначеність у прийнятті рішень [13]. Тому для вирішення даного завдання також будемо використовувати метод аналізу ієрархій (МАІ). На рисунку 7 представлена в загальному випадку ієрархія завдання оцінки функціональної ефективності концепції.

На основі отриманих оцінок глобального домінування альтернатив визначається відносна оцінка ефективності концепції за обраним показником. Необхідно зауважити, що якщо задано кілька показників, то в цьому випадку буде отримано інтегральну оцінку ефективності за цими показниками.

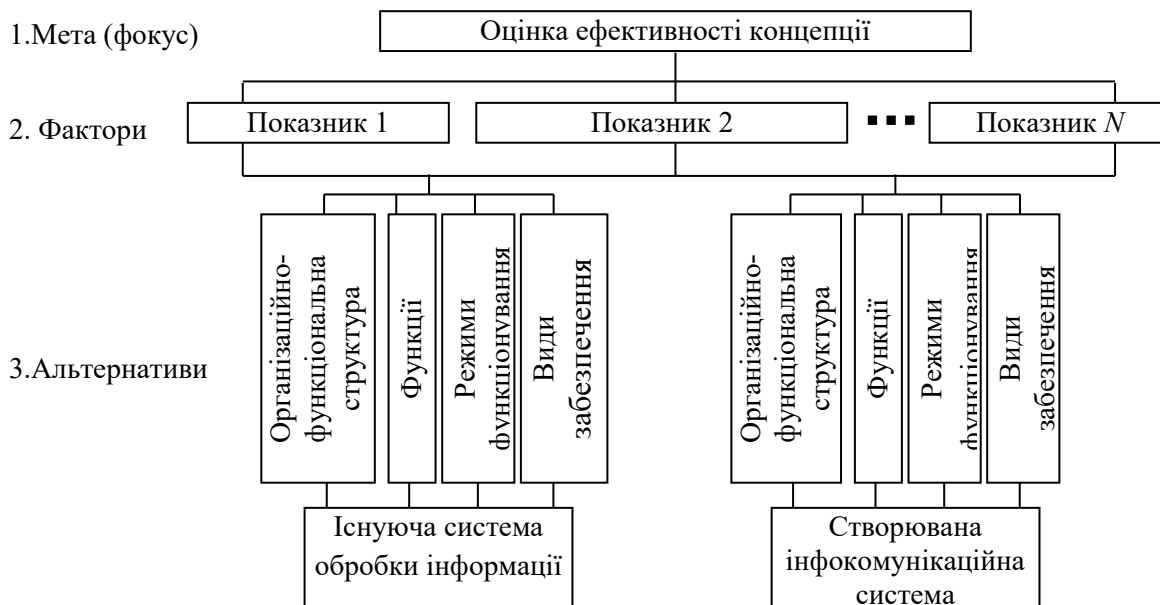


Рис. 7. Ієрархія завдання оцінювання функціональної ефективності концепції ІКС

Нехай, наприклад, необхідно оцінити ефективність концепції створюваної ІКС за показником «Час збору інформації». Далі, нехай $(0,4; 0,6)$ – вектор глобального домінування альтернатив щодо цього показника, а час збору інформації за допомогою існуючих засобів становить 10 хвилин. Тоді можна очікувати, що ІКС, побудована відповідно до оцінюваної концепції, дозволить скоротити цей час у 1,5 рази.

Оцінювання техніко-економічних показників. До техніко-економічних показників концепції належать час і вартість її реалізації. Для оцінки цих показників концепція сама по собі мало інформативна, оскільки досить складно з необхідною для практики точністю оцінити час і вартість реалізації загальних поглядів на побудову системи. Тому для отримання достатніх вихідних даних для оцінювання техніко-економічних показників ІКС академіком В. І. Скуріхініним [3] запропоновано на основі концепції системи формувати її вигляд, який є конкретним втіленням концептуальних ідей. Разом з тим, на етапі концептуального проектування все ж можна отримати наближені оцінки цих показників, використовуючи механізми нечіткого прогнозування. З цією метою можна використовувати підхід, який дозволяє отримати прогнозні оцінки часу і вартості проектів на основі нечітких лінгвістичних оцінок робіт, що входять до цих проектів [17].

Висновки. Розглянуто питання концептуального проектування інфокомунікаційних систем військового призначення. Запропоновано декларативно-процедурну структуру розробки концепції таких систем та механізм формування варіантів концепції на основі морфологічного методу Цвікі. Обґрунтовано застосування МАІ для вибору варіанту, який

найбільше відповідає вимогам зацікавлених осіб. Розглянуто питання визначення очікуваних результатів реалізації обраного варіанту концепції та їх методи. В цілому розглянутий підхід не претендує на завершеність і може бути використаний в якості пілотажу для розробки відповідних методик концептуального проєктування інфокомунікаційних систем військового призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах: Закон України від 05.07.1994 № 80/94-ВР. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/162730_594986.
2. Скурихин В. И. О формулировании концепций. Концепция “четырёх И”/ В. И. Скурихин // Управляющие системы и машины. 1989. № 2. С. 7–12.
3. Гриб Д. А. Методологічний підхід до формування технічного обрису перспективних зразків озброєння та військової техніки / Д. А. Гриб, Б. О. Демідов, М. В. Науменко // Наука і оборона. 2009. Вип. 4. С. 30–34.
4. Воробович Н. П. Проектирование информационных систем. Электронный учебно-методический комплекс / Н. П. Воробович. URL: <http://www.kgau.ru/istiki/umk/pis/18.htm>.
5. Гриб Д. А. Системно-концептуальні основи і елементи методології формування оперативно-тактичних і тактико-технічних вимог, що пред'являються до перспективних зразків озброєння і військової техніки та зразків, що модернізуються / Д. А. Гриб, Б. О. Демідов, М. В. Науменко // Системи озброєння та військова техніка. 2009. Вип. 2 (18). С. 65–73.
6. Демидов Б. А. Системна методологія формування концептуальних проєктних моделей перспективних складних образців озброєння та військової техніки / Б. А. Демидов, М. В. Науменко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2010. Вип. 1 (23). С. 116–123.
7. Самохвалов Ю., Науменко Е., Бурба О. Методические аспекты концептуального проектирования автоматизированных систем // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2012. Т. 14, № 4. С. 73–80.
8. Самохвалов Ю., Бурба О. Предпроектное проектирование АС. Киев, 2013. 289 с.
9. ANSI/IEEE Std 1471-2000, Recommended Practice for Architectural Description of SoftwareIntensive Systems. URL: <http://www.iso-architecture.org/ieee-1471/>.
10. Software Engineering Institute. Community Software Architecture Definitions. URL: <http://www.sei.cmu.edu/architecture/start/glossary/community.cfm>.
11. Zwicky F. Discovery invention, research through the morphological approach. New York: McMillan & Co., 1969. 106 с.
12. Эйрес Р. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование / Р. Эйрес. М.: Мир, 1971. 296 с.
13. Герасимов Б. М. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации / Б.М. Герасимов, Г. Г. Грабочевский, Н. А. Рюмшин. К.: Промінь, 2002. 137 с.
14. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. / Т. Саати. М.: Радио и связь, 1993. 314 с.
15. Samokhvalov Y. Y. Developing the Analytic Hierarchy Process Under Collective Decision-Making Based on Aggregated Matrices of Pairwise Comparisons // Cybern Syst Anal. 2022. № 58. P. 758–763. URL: <https://doi.org/10.1007/s10559-022-00509-3>.
16. Настанова “Інформаційні та автоматизовані системи управління”. ВКДП 6-26(01).01. 2020. 44 с. URL: https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2024/02/2_%D0%92%D0%9A%D0%94%D0%9F-6-2601.01-%D0%9D%D0%90%D0%A1-%D0%86%D0%9D%D0%A4-%D1%82%D0%B0-%D0%90%D0%A1%D0%A3.pdf.

17. Y. Samokhvalov. Forecasting Time and Cost of the Jobs in Network Models Based on Fuzzy Linguistic Estimates. *2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 1–4, DOI: 10.1109/ATIT49449.2019.9030480.

Надійшла до редколегії 08.01.2026.

Схвалена до друку 22.05.2026.

Дата публікації 29.05.2026.