

УДК 681.324.001

О. Ю. Іохов, В. Є. Козлов, В. А. Романюк, О. М. Сальніков

## МЕТОДИКА ВИБОРУ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

*Запропонована методика вибору програмно-технічного комплексу, яка призначена для організації процесу проектування автоматизованої інформаційної системи та обґрунтування вибору раціонального варіанта програмно-технічного комплексу.*

**Постановка проблеми.** Створення складних технічних систем із заданими характеристиками завжди належало до проблем, що складно піддаються формалізації та вирішуються. Для автоматизованих інформаційних систем (АІС) спеціального призначення вони посилюються взаємозалежністю між проектними рішеннями, які передбачають застосування сучасних інформаційних технологій та обґрунтування вибору програмно-технічних комплексів (ПТК). Останні забезпечують транспортування даних між органами управління з дотриманням вимог щодо достовірності та своєчасності їх доставки.

При проектуванні АІС залишається відкритим основне питання: як за загальним описом глобальних процесів управління отримати АІС, максимально орієнтовану на досягнення мети діяльності органів управління. При цьому процес проектування АІС повинен бути організований так, щоб отримати необхідні проектні рішення заданої якості, у визначені терміни і у межах виділених коштів.

Питання ефективності проектування й використання АІС є надзвичайно актуальним науковим завданням, особливо в умовах обмеженого фінансування впровадження сучасних інформаційних технологій у внутрішніх військах МВС України. Критерієм оцінювання ефективності може бути зменшення вартості реалізації АІС без порушення вимог до ймовірно-часових характеристик шляхом вибору економічно найбільш ефективного варіанта. Однак оцінити ефективність за таким критерієм можливо лише після розв'язання виникаючого протиріччя – пошуку компромісного рішення, що максимізує показники ефективності функціонування АІС у межах припустимих витрат для забезпечення заданих вимог до ймовірно-часових характеристик її функціонування.

Розглядаються питання ефективності проектування автоматизованих інформаційних систем. Ключовим питанням при розв'язанні зазначеного протиріччя є обґрунтування вибору раціонального варіанта програмно-технічного комплексу АІС.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз останніх досліджень у сфері проектування АІС свідчить про те, що найпоширенішим підходом до вибору ПТК АІС є використання методу експертних оцінок [1]. Відповідно до якого фахівці за допомогою власного досвіду й експертних оцінок здійснюють вибір ПТК для проектування АІС, що забезпечує виконання конкретного завдання або класу завдань. Такий підхід дозволяє мінімізувати витрати на етапі проектування, швидко оцінити вартість реалізації системи. Однак рішення, отримані з використанням експертних оцінок, вимоги до обладнання та програмного забезпечення і оцінка гарантій працездатності є суб'єктивними.

В основу концептуальних засад під час проектування АІС повинні бути покладені якомога більш формалізовані математичні моделі, методи аналізу і синтезу проектних рішень. Прикладом такого підходу можуть бути методології, основою яких є добре відомі ідеї і моделі Дж. Захмана, Д. Хендерсона, У. Меллінга, та ін. [5 – 7].

Разом з тим процесу розроблення та використання концептуальної, логічної і технологічної моделей АІС притаманні певні недоліки. Насамперед, наразі відсутні формальні методи синтезу і перетворення системно-цільових і структурно-функціональних моделей АІС, що дозволять отримати на всіх ієрархічних рівнях проектні рішення, близькі до оптимальних (раціональних). Тобто застосування існуючих методик не дає змогу всебічно оцінити раціональність спроектованої системи та обґрунтувати вибір програмно-технічного комплексу.

У публікаціях, в яких започатковано розв'язання проблемних питань проектування АІС [1 – 3], звертається увага на той факт, що існуючі засоби моніторингу та аналізатори, призначені для дослідження реальних систем, не дозволяють отримувати кількісні оцінки показників ефективності для ще не існуючих систем, що перебувають у стадії проектування або дослідної експлуатації. У таких випадках проектувальники можуть використати засоби моделювання, за допомогою яких

розробляють моделі, спроможні відтворити інформаційні процеси, які відбуваються у системах [4]. На етапах проектування та впровадження постає актуальне питання вибору раціонального варіанта АІС, що для складної системи можливе за умови використання методів математичного моделювання. Основою існуючих методик є методологія структурного системного аналізу. Однак застосування сучасних інформаційних технологій у проектуванні потребує розроблення методик, що враховували б залежність структури АІС від показників ефективності функціонування, оскільки методик, які комплексно враховують обґрунтованість прийнятих проектних рішень для інформаційної та телекомунікаційної складових АІС, не існує.

**Метою статті** є розвинення методичного апарату обґрунтування вибору програмно-технічного комплексу АІС на основі вдосконалення наукових підходів у теорії і практиці проектування складних систем з використанням засобів імітаційного моделювання.

**Виклад основного матеріалу.** Нині стрімкого розвитку набувають АІС, які призначені для вирішення широкого кола задач та побудовані переважно за архітектурою “клієнт – сервер”. З метою вибору оптимального складу програмно-технічних засобів АІС необхідно сформувати конфігураційні та цінові таблиці з інформацією відповідно про конфігурацію та ціни типів серверів (як основного елемента системи “клієнт – сервер”), дискових сховищ, обладнання мережі та робочих станцій кінцевих користувачів (АРМ).

Вихідними даними є:  $W$  – кількість АРМ АІС;  $G$  – топологія мережі передачі даних;  $FM_j$  – множина функціональних модулів;  $j = \overline{1, k}$  – кількість функціональних модулів;  $F_i$  – множина функціональних процесів;  $i = \overline{1, f}$  – кількість функціональних процесів;  $X_{GP}$  – граничне значення показників вартості АІС;  $W_{FM_j}$  – кількість АРМ функціонального модуля  $FM_j$ ;  $\lambda_i$  – кількість діалогових кроків, які формуються функціональним процесом протягом робочого періоду (8 год) з максимальним навантаженням;  $y_{ex}^i$  – середня довжина (у бітах) вхідного повідомлення  $i$ -го типу;  $y_{вих}^i$  – середня довжина (біт) вихідного повідомлення  $i$ -го типу.

Слід зауважити, що під функціональними процесами будемо розуміти виконання програм, які викликають кінцеві користувачі для вирішення конкретної прикладної задачі. Під функціональними модулями будемо розуміти об’єднані однотипні функціональні задачі.

Необхідно сформувати найбільш прийнятний варіант складу програмно-технічних засобів АІС. Таке слід виконати за умови, яка задовольняє балансуванню показників функціональності  $\Phi$  та витрат  $X$

$$S_{opt} = \max_{S_r \in S} P(\Phi, X), \quad (1)$$

де  $S_r, r = \overline{1, R}$  – варіанти побудови ПТК;  $S_{opt}$  – оптимальний варіант ПТК;  $P$  – імовірно-часові показники ефективності процесу обміну даними у АІС, які залежать від  $\Phi$  та  $X$ .

Запропонована авторами методика складається з таких етапів.

1. Визначення загального навантаження на АІС. Обчислюють інтенсивність навантаження кожного із функціональних процесів за формулою:

$$\Lambda_i = \lambda_i \times (y_{ex}^i + y_{вих}^i) / T_i, \quad (2)$$

де  $T_i$  – діалоговий крок (часовий інтервал між запитом користувача та відповіддю сервера).

Після чого визначення загальної інтенсивності навантаження на АІС набиратиме вигляду:

$$\Lambda_{AIC} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^f w_{FM_j} \times \Lambda_i. \quad (3)$$

2. Розроблення імітаційної моделі АІС. Даний етап реалізуємо за допомогою програмного засобу NetCracker Professional. Результати формування імітаційної моделі централізованого варіанта архітектури ПТК “клієнт – сервер” для набору функціональності: електронна пошта, www, система управління базою даних, передача файлів для 25 АРМ зображені на рис. 1 та детально описані у [7].

3. Формування конфігураційних та цінових таблиць для всіх складників ПТК АІС.

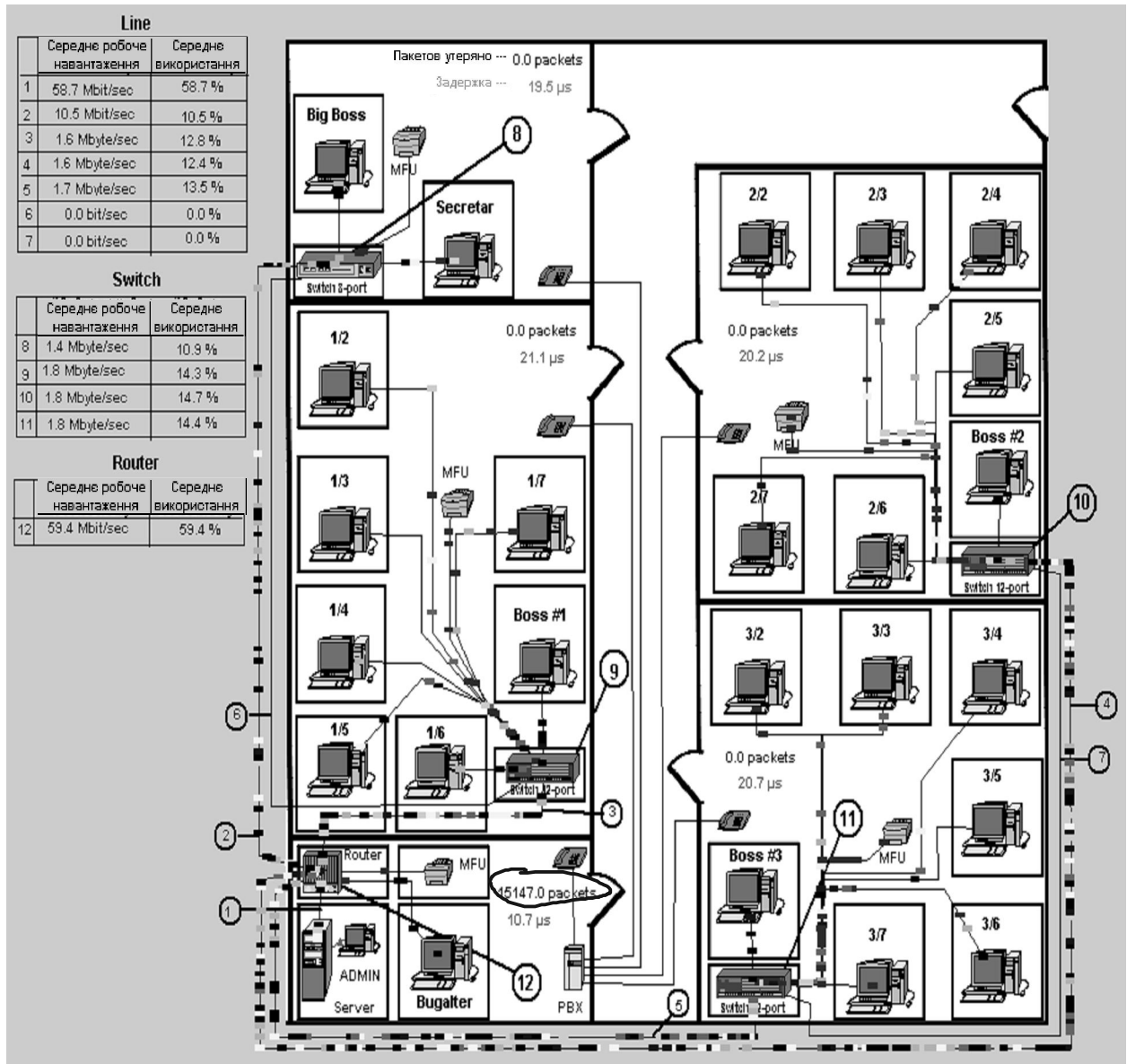


Рис. 1. Варіант ПТК, що аналізується для визначеного набору функціональності

Т а б л и ц я 1

| Код сервера | Тип сервера        | Мах кількість процесорних плат | Мах кількість плат оперативної пам'яті | Продуктивність однієї процесорної плати | Об'єм однієї плати оперативної пам'яті |
|-------------|--------------------|--------------------------------|--|---|--|
| $\Psi_0$    | $\Psi_1$           | $\Psi_2$                       | $\Psi_3$                               | $\Psi_4$                                | $\Psi_5$                               |
| 001         | $\psi_1(001)$      | $\Psi_2(001)$                  | $\Psi_3(001)$                          | $\Psi_4(001)$                           | $\Psi_5(001)$                          |
| 002         | $\psi_1(002)$      | $\Psi_2(002)$                  | $\Psi_3(002)$                          | $\Psi_4(002)$                           | $\Psi_5(002)$                          |
| 003         | $\psi_1(003)$      | $\Psi_2(003)$                  | $\Psi_3(003)$                          | $\Psi_4(003)$                           | $\Psi_5(003)$                          |
| ...         | ...                | ...                            | ...                                    | ...                                     | ...                                    |
| $j$         | $\psi_1(j)$        | $\psi_2(j)$                    | $\psi_3(j)$                            | $\psi_4(j)$                             | $\psi_5(j)$                            |
| ...         | ...                | ...                            | ...                                    | ...                                     | ...                                    |
| $\delta_c$  | $\psi_1(\delta_c)$ | $\psi_2(\delta_c)$             | $\psi_3(\delta_c)$                     | $\psi_4(\delta_c)$                      | $\psi_5(\delta_c)$                     |

Таблиця 2

| Код сервера | Вартість сервера   | Вартість однієї процесорної плати | Вартість однієї плати оперативної пам'яті |
|-------------|--------------------|-----------------------------------|---|
| $\Psi_0$    | $X_1$              | $X_2$                             | $X_3$                                     |
| 001         | $\chi_1(001)$      | $\chi_2(001)$                     | $\chi_3(001)$                             |
| 002         | $\chi_1(002)$      | $\chi_2(002)$                     | $\chi_3(002)$                             |
| 003         | $\chi_1(003)$      | $\chi_2(003)$                     | $\chi_3(003)$                             |
| ...         | ...                | ...                               | ...                                       |
| $j$         | $\chi_1(j)$        | $\chi_2(j)$                       | $\chi_3(j)$                               |
| ...         | ...                | ...                               | ...                                       |
| $\delta_C$  | $\chi_1(\delta_C)$ | $\chi_2(\delta_C)$                | $\chi_3(\delta_C)$                        |

Таблиця 3

| Код ДС        | Тип ДС                | Мах кількість дисків  | Вартість ДС           | Вартість одного диску | Об'єм одного диска    |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $\Psi_6$      | $\Psi_7$              | $\Psi_8$              | $X_4$                 | $X_5$                 | $\Psi_9$              |
| 001           | $\Psi_7(001)$         | $\Psi_8(001)$         | $\chi_4(001)$         | $\chi_5(001)$         | $\Psi_9(001)$         |
| 002           | $\Psi_7(002)$         | $\Psi_8(002)$         | $\chi_4(002)$         | $\chi_5(002)$         | $\Psi_9(002)$         |
| 003           | $\Psi_7(003)$         | $\Psi_8(003)$         | $\chi_4(003)$         | $\chi_5(003)$         | $\Psi_9(003)$         |
| ...           | ...                   | ...                   | ...                   | ...                   | ...                   |
| $j$           | $\psi_7(j)$           | $\psi_8(j)$           | $\chi_4(j)$           | $\chi_5(j)$           | $\psi_9(j)$           |
| ...           | ...                   | ...                   | ...                   | ...                   | ...                   |
| $\delta_{ДС}$ | $\psi_7(\delta_{ДС})$ | $\psi_8(\delta_{ДС})$ | $\chi_4(\delta_{ДС})$ | $\chi_5(\delta_{ДС})$ | $\psi_9(\delta_{ДС})$ |

Таблиця 4

| Код мережі  | Тип мережі            | Вартість обладнання даного типу мережі у розрахунку на одного користувача | Продуктивність мережі |
|-------------|-----------------------|---|-----------------------|
| $\Psi_{10}$ | $\Psi_{11}$           | $X_6$   | $\Psi_{12}$           |
| 001         | $\Psi_{11}(001)$      | $\chi_6(001)$   | $\Psi_{12}(001)$      |
| 002         | $\Psi_{11}(002)$      | $\chi_6(002)$   | $\Psi_{12}(002)$      |
| 003         | $\Psi_{11}(003)$      | $\chi_6(003)$   | $\Psi_{12}(003)$      |
| ...         | ...                   | ...   | ...                   |
| $j$         | $\psi_{11}(j)$        | $\chi_6(j)$   | $\psi_{12}(j)$        |
| ...         | ...                   | ...   | ...                   |
| $\delta_M$  | $\psi_{11}(\delta_M)$ | $\chi_6(\delta_M)$  | $\psi_{12}(\delta_M)$ |

Таблиця 5

| Код АРМ        | Тип АРМ                   | Вартість однієї АРМ    | Продуктивність АРМ        |
|----------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| $\Psi_{13}$    | $\Psi_{14}$               | $X_7$                  | $\Psi_{15}$               |
| 001            | $\Psi_{14}(001)$          | $\chi_7(001)$          | $\Psi_{15}(001)$          |
| 002            | $\Psi_{14}(002)$          | $\chi_7(002)$          | $\Psi_{15}(002)$          |
| 003            | $\Psi_{14}(003)$          | $\chi_7(003)$          | $\Psi_{15}(003)$          |
| ...            | ...                       | ...                    | ...                       |
| $j$            | $\psi_{14}(j)$            | $\chi_7(j)$            | $\psi_{15}(j)$            |
| ...            | ...                       | ...                    | ...                       |
| $\delta_{АРМ}$ | $\psi_{14}(\delta_{АРМ})$ | $\chi_7(\delta_{АРМ})$ | $\psi_{15}(\delta_{АРМ})$ |

У таблицях  $\Psi_0, \Psi_1, \dots, \Psi_{15}$  – множини, які характеризують ресурсну базу ПТК;  $X_1, \dots, X_7$  – множини, які характеризують вартість ресурсів ПТК;  $\psi_1, \dots, \psi_{15}$  – функції, що ставлять у відповідність кодам сервера, дискової системи, мережі та АРМ їх відповідні технічні характеристики;  $\chi_1, \dots, \chi_7$  – функції, що ставлять у відповідність кодам сервера, дискової системи, мережі та АРМ їх відповідні вартості;  $\delta_C, \delta_{DC}, \delta_M, \delta_{APM}$  – відповідно кількість різноманітних типів серверів, дискових сховищ, мережевого обладнання та АРМ.

4. Визначення необхідної потужності процесорної бази, об'єму оперативної пам'яті серверної частини ПТК, об'єму дискових сховищ, типу мережі й АРМ. Для цього маємо:  $\omega_1$  – тип необхідного сервера;  $\omega_2$  – кількість процесорних плат сервера;  $\omega_3$  – кількість плат оперативної пам'яті сервера;  $\omega_4$  – тип дискових сховищ;  $\omega_5$  – кількість дисків у сховищі;  $\omega_6$  – тип пристроїв мережі;  $\omega_7$  – тип робочих станцій (АРМ).

Математичні моделі визначення необхідної потужності процесорної частини та необхідного об'єму оперативної пам'яті процесорної частини ПТК мають такий вигляд [5]:

$$\begin{cases} (1 + \alpha) \times (\omega_2 \times \psi_4(\psi_1^{-1}(\omega_1))) \geq \Lambda_{AIC}, \\ (1 + \beta) \times (\omega_3 \times \psi_5(\psi_1^{-1}(\omega_1))) \geq \Lambda_{OP}, \end{cases} \quad (4)$$

де  $\alpha, \beta$  – коефіцієнти запасу;  $\psi_1^{-1}(\omega_1)$  – функція, яка ставить у відповідність типу сервера її код;  $\Lambda_{OP}$  – сумарна необхідність в оперативній пам'яті АІС (залежить від навантаження функціональних процесів).

Математична модель визначення необхідного об'єму дискових сховищ ПТК матиме такий вигляд [5]:

$$(1 + \gamma) \times (\omega_5 \times \psi_9(\psi_6^{-1}(\omega_4))) \geq \Lambda_{DC}, \quad (5)$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт запасу;  $\psi_6^{-1}(\omega_4)$  – функція, яка ставить у відповідність типу дискового сховища його код;  $\Lambda_{DC}$  – сумарна необхідність у об'ємі дискового сховища в АІС.

Математичні моделі визначення необхідного типу мережі та АРМ ПТК такі [5]:

$$(1 + \vartheta) \times (\psi_{12}(\psi_{11}^{-1}(\omega_6))) \geq \Lambda_{AIC}, \quad (6)$$

$$(1 + \varphi) \times (\psi_{15}(\psi_{14}^{-1}(\omega_7))) \geq \Lambda_{AIC}, \quad (7)$$

де  $\vartheta, \varphi$  – коефіцієнти запасу;  $\psi_{11}^{-1}(\omega_6)$  – функція, яка ставить у відповідність типу мережі її код;  $\psi_{14}^{-1}(\omega_7)$  – функція, яка ставить у відповідність типу робочої станції її код.

5. Формування оптимального варіанта АІС за критерієм мінімальної вартості. Одним із варіантів вирішення задачі оптимізації при виборі елементів ПТК можна сформулювати як оптимально-компромісну (мінімаксу) задачу мінімізації вартості елементів ПТК з урахуванням їх продуктивності (потужність процесорних плат, об'єм плат оперативної пам'яті, об'єм дисків сховища і т. ін.). Однією із основних ідей оптимізації складу ПТК є функція загальної вартості  $X^*$  як цільова:

$$\begin{cases} X^* = X_{СЕРВЕР} + X_{DC} + X_M + X_{APM}; \quad X^* \rightarrow \min, \\ X_{СЕРВЕР} = \chi_1(\psi_1^{-1}(\omega_1)) + \chi_2(\psi_1^{-1}(\omega_1)) \times \omega_4 + \chi_3(\psi_1^{-1}(\omega_1)) \times \omega_3, \\ X_{DC} = \chi_4(\psi_7^{-1}(\omega_4)) + \chi_5(\psi_7^{-1}(\omega_4)) \times \omega_5, \\ X_M = (W + 1) \times \chi_6(\psi_{11}^{-1}(\omega_6)), \\ X_{APM} = W \times \chi_7(\psi_{14}^{-1}(\omega_7)), \end{cases} \quad (8)$$

де  $W$  – кількість користувачів в системі;  $\chi_1(\psi_1^{-1}(\omega_1))$  – вартість сервера  $\omega_1$ ;  $\chi_2(\psi_1^{-1}(\omega_1))$  – вартість однієї процесорної плати сервера типу  $\omega_1$ ;  $\chi_3(\psi_1^{-1}(\omega_1))$  – вартість однієї плати оперативної пам'яті сервера типу  $\omega_1$ ;  $\chi_4(\psi_7^{-1}(\omega_4))$  – вартість дискового сховища типу  $\omega_4$ ;  $\chi_5(\psi_7^{-1}(\omega_4))$  – вартість одного диска дискового сховища типу  $\omega_4$ ;  $\chi_6(\psi_{11}^{-1}(\omega_6))$  – вартість обладнання мережі типу  $\omega_6$ ;  $\chi_7(\psi_{14}^{-1}(\omega_7))$  – вартість АРМ типу  $\omega_7$ .

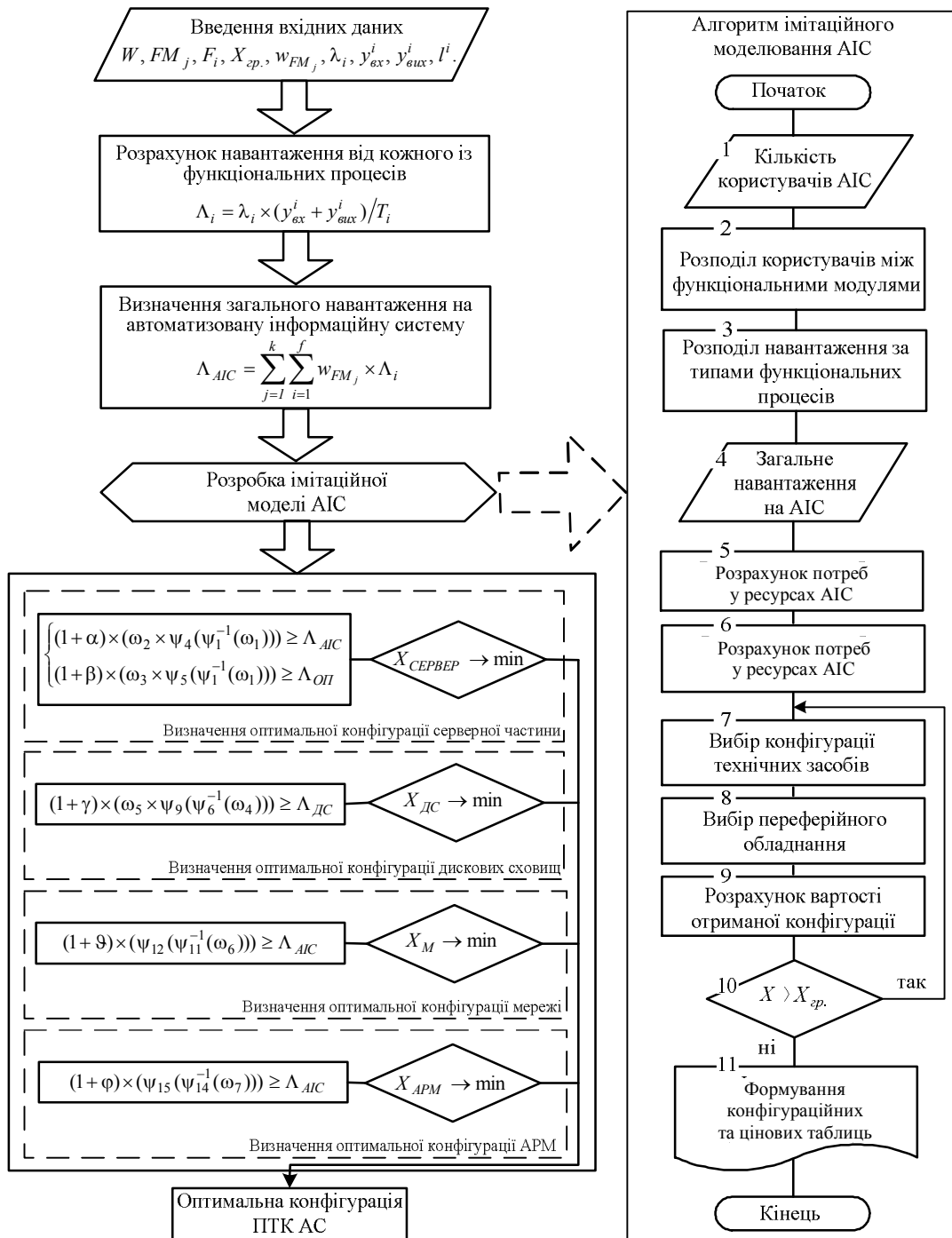


Рис. 2. Схема-алгоритм обґрунтування вибору ПТК АІС

Результатом виконання зазначених етапів методики є формування оптимального варіанта ПТК, який відібраний за критерієм максимуму співвідношення витрати/продуктивність з урахуванням вимог до показників ефективності АІС – функціональності та вартості. На рис. 2 наведено схему-алгоритм вибору ПТК АІС згідно з етапами методики (2) – (8). Аналіз результатів, отриманих за запропонованою методикою розрахунків, показує, що економічний ефект від проектування АІС може досягати 20 – 25 %. Ефект від упровадження методики, насамперед, у її точності, оскільки вона заснована на використанні аналітичного методу оцінювання ефективності.

#### **Висновки**

Використання описаної методики дає змогу суттєво скоротити цикл проектування АІС, що відповідає заданим вимогам і обмеженням на момент введення її в експлуатацію, а не на момент початку розроблення. Крім того система, що розробляється, адекватно відповідатиме меті та завданням органів управління, забезпечуватиме необхідну функціональну підтримку процесів управління, в т. ч. в умовах можливих структурних реорганізацій.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розвиток методичних основ обґрунтування складу ПТК АІС для інтеграції з раніше створеними ПТК з урахуванням широкого комплексу існуючих проектних рішень щодо всіх видів забезпечення в умовах їх постійної реконструкції.

#### **Список використаних джерел**

1. Стеклов В. К. Проектування телекомунікаційних мереж / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. – К.: Техніка, 2002. – 792 с.
2. Лунтовский А. О. Оптимизационные методы в проектировании корпоративных сетей / А. О. Лунтовский // Зв'язок. – 2007. – № 5. – С. 66 – 69.
3. Zachman J. A. Framework for Information System Architecture / J. A. Zachman // IBM System Journal, 1987, vol. 26, № 3, P. 276 – 292.
4. Олифер Н. А. Средства анализа и оптимизации локальных сетей [Електронний ресурс] / Н. А. Олифер, В. Г. Олифер. – Центр інформ. технологій, 1998. – Режим доступу: <http://www.citforum.ru>.
5. Садердинов А. А. Построение комплексных программно-технических проектов интегрированных систем организационного управления / А. А. Садердинов, В. А. Трайнев. – М.: Маркетинг, 2001. – 287 с.
6. Меллинг У. Корпоративные информационные архитектуры: и все-таки они меняются / У. Меллинг // СУБД. – 1995. – № 2. – С. 28 – 33.
7. Милашенко І. М. Синтез оптимального варіанта телекомунікаційної мережі за критерієм мінімальної вартості / І. М. Милашенко, Ю. Г. Загороднюк // Зб. наук. пр. – К: ННДЦ ОТ і ВБ, 2008. – Вип. № 1 (38). – С. 101 – 111.

*Стаття надійшла до редакції 15.11.2009 р.*