

УДК 004.415:681.3

О.Д. Герасименко, В.В. Скляр, В.С. Харченко

## ЕВОЛЮЦІЙНО-КОМПОНЕНТНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ

*Запропонована еволюційно-компонентна модель інформаційно-керуючих систем (ІКС) для аналізу використання раніше розроблених програмно-апаратних компонентів.*

**Ключові слова:** еволюційно-компонентна модель, інформаційно-керуючі системи, програмно-апаратні компоненти.

### Постановка проблеми

Виробничі підприємства, у тому числі і підприємства-розроблювачі інформаційно-керуючих систем (ІКС) спеціального призначення, плануючи свою промислову політику, повинні враховувати діалектичну єдність двох складових своєї діяльності: стабільність і розвиток.

Стабільність виробничої діяльності підприємства містить, насамперед:

стабільність випуску асортименту продукції, звичайної для клієнтів;

підтримку раніше випущених версій продукції;

стабільність персоналу, що є носієм досвіду, знань і умінь, важливих для випуску продукції і т.д.

Поряд зі стабільністю успішна діяльність підприємства визначається його постійним розвитком, що містить, наприклад:

освоєння нових ринків збуту продукції;

випуск нових зразків продукції;

відновлення й удосконалення технологій розробки і т.д.

Діалектика стабільності та розвитку з урахуванням компонент ІКС знайшла своє відображення в такій категорії як OTS (Off The Shelf – «продукт з полки»). Якщо за OTS беруться до уваги програмно-апаратні компоненти власної розробки, то такий продукт повинен:

по-перше, містити в собі всі кращі досягнення підприємства-розроблювача, тобто бути стабільним, фіксувати визначений набір споживчих властивостей, істотних для функціонування ІКС;

по-друге, бути динамічним, містити взаємозалежні компоненти, що можуть бути легко модифіковані так, щоб це спричиняло мінімальну модифікацію інших компонентів;

по-третє, бути легко верифікуємим після внесення змін при модифікації й адаптації в новій системі.

### Аналіз літератури

Слід зазначити, що, незважаючи на широке використання OTS-компонентів у сучасних ІКС і важливість задачі й оцінювання надійності та безпеки таких компонентів, у відомій літературі відсутні комплексні дослідження стосовно даного питання. Дослідження в області OTS-компонентів комп'ютерних ІКС носять, як правило, фрагментарний характер і присвячені рішення окремих практичних питань, тобто:

в [1, 2] запропонований підхід щодо оцінювання застосовності використання комерційного програмного забезпечення (ПО) у ІКС критичного застосування;

в [3 – 5] розглянуті економічні аспекти застосування OTS-компонентів ІКС;

в [6] запропонована технологія застосування програмних OTS-компонентів, що дозволяє обмежити використання надлишкових функцій;

в [7, 8] розроблена класифікація програмно-апаратних OTS-компонентів і запропонований підхід щодо оцінювання їх надійності і безпеки.

в [9, 10] запропоновані методики тестування програмних і апаратних OTS-компонентів у складі ІКС.

Проведений аналіз публікацій показав, що у відомих роботах:

в основному розглядаються питання використання комерційних OTS-компонентів і приділена недостатня увага використанню компонентів, що були раніше створені самими розроблювачами ІКС;

відсутній комплексний підхід щодо оцінювання і апаратних, і програмних OTS-компонентів;

у математичному апараті оцінювання OTS-компонентів практично не використовуються методи системного аналізу, зокрема, методи об'єктно-

орієнтованого аналізу [11], які найбільш адекватні досліджуваній області.

**Мета статті** – розробка моделі ІКС, що дозволяє врахувати й оцінювати весь спектр змін програмно-апаратних компонентів OTS (Off The Shelf).

### Основний матеріал

**Загальний підхід щодо розробки еволюційно-компонентної моделі ІКС.** Наведемо аналіз еволюції програмно-апаратних компонентів OTS, що входять до складу ІКС. При цьому під еволюцією ІКС розуміється її розвиток шляхом послідовних змін програмно-апаратних компонентів у процесі діяльності фірми розроблювача. Існують такі причини змін (модифікацій) компонентів ІКС:

модифікації, пов'язані зі зміною функціональних можливостей, у тому числі і з випуском принципово нових типів ІКС;

модифікації, пов'язані з усуненням зауважень замовників, у тому числі і з усуненням дефектів розробки;

модифікації, пов'язані зі зміною елементної бази і використовуваних інструментальних засобів розробки;

модифікації, пов'язані з оптимізацією структури і функціонування (характеристик) ІКС.

Слід зазначити, що в загальному випадку внесення змін може бути викликано декількома причинами. Крім того, у ряді випадків між деякими із вищезазначених причин може не існувати чітких границь. Наприклад, у випадку виявлення дефектів розробки модифікації будуть пов'язані і з їх усуненням, і зі зміною елементної бази.

Для аналізу змін (еволюції) програмно-апаратних OTS-компонентів пропонується еволюційно-компонентна модель ІКС, що базується на:

1) функціонально-компонентному підході до аналізу еволюції ІКС і формуванні безлічі її варіантів;

2) розробці моделі поетапних змін ІКС;

3) метричному підході щодо оцінювання функціонально-компонентних змін ІКС.

Проаналізуємо безліч варіантів еволюції ІКС. Вони визначаються маркетинговою політикою підприємства і наявністю ринків збуту продукції. Розроблені системи можуть тиражуватися у вигляді комплектів, які поставляються, що можуть трохи відрізнятися один від одного внаслідок змін вимог замовника чи інших еволюційних змін, викликаних дорожками, розвитком технологій, елементної бази.

Специфічним видом комплектів є диверсні ком-

плекти ІКС, що дозволяють підвищити їх безпеку і надійність за рахунок введення версійної надмірності [12]. Версійна надмірність реалізується шляхом одночасного використання декількох комплектів ІКС, розроблених із застосуванням різних програмно-апаратних рішень. Крім того, можуть бути розроблені принципово нові типи ІКС, які у тім або іншому ступені відрізняються від існуючих зразків.

Таким чином, доцільно виділити три варіанти еволюції ІКС:

1) розробка чергового комплекту ІКС, який поставляється;

2) розробка диверсного комплекту ІКС;

3) розробка нового типу (комплекту) ІКС.

**Функціонально-компонентний підхід щодо аналізу еволюції ІКС.** Варіанти еволюції ІКС визначаються змінами двох взаємозалежних складових:

1) набору функцій, реалізованих програмно-апаратними компонентами ІКС;

2) набору програмно-апаратних компонентів.

У практиці створення ІКС нові системи, як правило, не розробляються «з нуля», а ґрунтуються на вже існуючих програмно-апаратних рішеннях, які у свою чергу реалізують визначений набір функцій. Тому, у більшості випадків доцільно говорити про OTS-підхід щодо розробки ІКС. Тоді при аналізі змін варто зафіксувати попередню версію ІКС, як якусь відправну точку, а для наступної версії ІКС проаналізувати зміни щодо попередньої версії ІКС.

Між функціональною та компонентною складовими існує визначена кореляція. Однак, ступінь функціональних змін (виходячи з уточненого призначення ІКС і розв'язуваних задач) і компонентних змін (виходячи із застосовуваних програмно-апаратних засобів і технологій), а також їх взаємозалежність визначаються безліччю різних факторів і повинні бути проаналізовані для кожного конкретного випадку.

Таким чином, функціонально-компонентний підхід щодо аналізу еволюції ІКС полягає в побудові її траєкторії у просторі «функції–компоненти».

Даний підхід проілюстрований на рис. 1. Простір «функції–компоненти» задається відповідними осями. Початок координат – це деяку зафіксована версія ІКС. Оскільки в загальному випадку можливе скорочення як функціональності ІКС, так і набору компонентів, будемо вважати, що осі простору «функції–компоненти» мають негативну складову. Для кожного варіанта реалізації ІКС маємо як зміни у функціональності  $\Delta\Phi$ , так і зміни в складі компонентів  $\Delta K$ .  $\Delta\Phi$  і  $\Delta K$  можуть бути визначені з використанням спеціальних метрик.

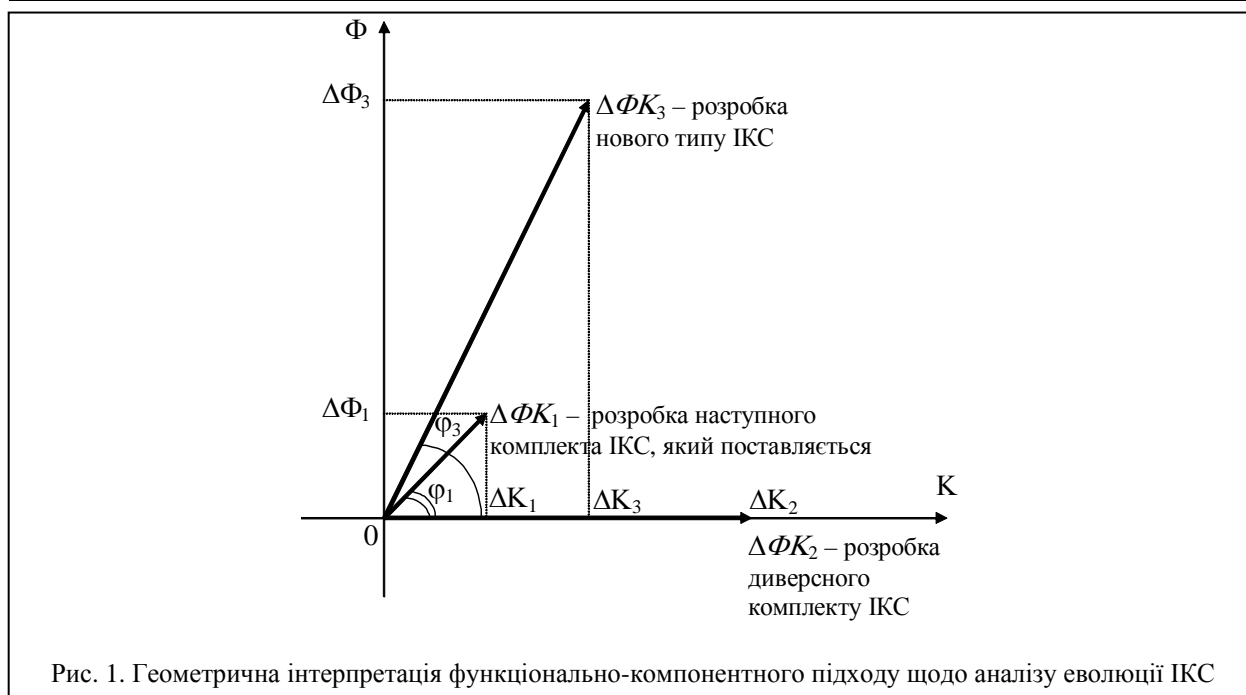


Рис. 1. Геометрична інтерпретація функціонально-компонентного підходу щодо аналізу еволюції ІКС

Таким чином, зміни для кожного варіанта реалізації ІКС можуть бути описані вектором еволюції ІКС  $\Delta\Phi K$ , що характеризується модулем

$$|\Delta\Phi K| = \sqrt{\Delta\Phi^2 + \Delta K^2}$$

і кутом відхилення від осі

$$K\varphi = \text{arctg}(\Delta\Phi / \Delta K).$$

Довжина вектора  $|\Delta\Phi K|$  визначає ступінь змін, які внесені до ІКС, де кут  $\varphi$  – співвідношення між функціональними і компонентними змінами ІКС. Вектор у цілому повністю визначає траєкторію еволюції ІКС. Таким чином, рис. 1 є геометричною інтерпретацією функціонально-компонентного підходу щодо аналізу еволюції ІКС.

При розрахунку кута  $\varphi$  зручніше мати в чисельнику  $\Delta\Phi$ . Це пояснюється тим, що люба зміна функціональності спричиняє обов'язкову зміну в складі компонентів ІКС, таким чином, у знаменнику завжди будемо мати число, не рівне нулю. Можливі випадки, коли зміна компонентів ІКС не призводить до зміни її функцій (наприклад, при реалізації версійної надмірності), тоді у знаменнику дробу може виявитися нуль. Тобто  $\forall \Delta\Phi \neq 0 : \Delta K \neq 0$ ; водночас зворотне твердження, що  $\forall \Delta K \neq 0 : \Delta\Phi \neq 0$ , не буде щирим.

На рис. 1 наведені три можливих варіанти еволюції ІКС:

$\Delta\Phi K_1$  – розробка чергового комплекта ІКС, який поставляється;

$\Delta\Phi K_2$  – розробка диверсного комплекта ІКС;

$\Delta\Phi K_3$  – розробка нового типу ІКС.

Вектор  $\Delta\Phi K_1$  має мінімальний модуль, оскільки при тиражуванні комплектів ІКС, які поставляються, маємо мінімальні зміни і функціональної, і компонентної складових.

При розробці диверсного комплекта вектор еволюції ІКС  $\Delta\Phi K_2$  збігається з віссю К ( $\varphi_2 = 0$ ), оскільки функціональність ІКС не міняється, а всі зміни обумовлюються змінами програмно-апаратних компонентів. Зміни компонентної складової  $\Delta K_2$  у даному випадку будуть найбільшими, оскільки задачею створення диверсних комплектів ІКС є саме реалізація максимальних змін програмно-апаратних компонентів з метою зниження імовірності відмовлень із загальної причини.

Максимальну довжину (модуль) вектор еволюції ІКС  $\Delta\Phi K_3$  буде мати при розробці нового типу ІКС. Що стосується кута  $\varphi$ , то в загальному випадку не можна заздалегідь передбачити, коли його величина буде більшою: при розробці чергового комплекта ІКС, який поставляється, ( $\varphi_1$ ) або при розробці нового типу ІКС ( $\varphi_3$ ).

Сумарний вектор еволюції  $\Delta\Phi K_{1,2}$  двох послідовних змін ІКС може бути визначений як сума двох векторів  $\Delta\Phi K_1$  і  $\Delta\Phi K_2$ , що характеризують зроблені зміни (рис. 2).

Для вектора  $\Delta\Phi K_{1,2}$  модуль і кут відхилення від осі К визначаються співвідношеннями

$$|\Delta\Phi K_{1,2}| = \sqrt{(\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2)^2 + (\Delta K_1 + \Delta K_2)^2}$$



та

$$\varphi_{1,2} = \arctg [(\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2) / (\Delta K_1 + \Delta K_2)].$$

Аналогічно може бути визначений сумарний вектор еволюції для довільної кількості послідовних змін ІКС.

**Функціонально-компонентна модель ІКС.** Розроблена геометрична інтерпретація простору «функції–компоненти» є загальною. Дійсно, і функції, і компоненти ІКС мають складну ієрархічну структуру.

Таким чином, у просторі «функції–компоненти» маємо ієрархічну структуру осей, що, у свою чергу, призводить до ієрархічної структури просторового представлення. Тому, розмірність еволюційно-компонентної моделі при детальному описанні еволюції реальних ІКС значно зростає. Для рішення задачі описання простору «функції–компоненти» необхідна більш докладна функціонально-компонентна модель ІКС.

Проаналізуємо програмно-апаратну структуру компонентів ІКС. Конструктивно вона є набором блоків, об'єднаних у складі шаф. До складу блоків можуть входити процесори, які реалізують комплекс програм. Відзначимо, що функції ІКС, що традиційно реалізовувалися за допомогою ПО, останнім часом все частіше передаються пристроям на базі програмувальних логічних інтегральних схем (ПЛІС). ПЛІС – це симбіоз апаратних засобів і ПО: фізично апаратна реалізація розробляється і верифікується програмними методами та у програмному середовищі [13]. У рамках розглянутої моделі проект ПЛІС

і його складові доцільно розглядати за аналогією з програмними компонентами.

Таким чином, програмно-апаратні компоненти ІКС – це конструкції (шафи і блоки), що містять у собі як апаратні засоби (АЗ), так і ПО.

АЗ блоку складаються з функціональних вузлів, які побудовані зі схемотехнічних елементів, фіксована комбінація яких складає елементну базу ІКС. Елементна база є основою побудови ІКС.

У складі функціональних вузлів блоку тільки процесори, як правило, містять ПО. У свою чергу, ПО процесорів складається з програмних модулів. З погляду змінюваності компонент серед модулів доцільно виділити бібліотеку, що може переходити з проекту в проект без змін. Інші модулі є змінюваними, і ступінь змін залежить від конкретного типу ІКС. Проект ПЛІС, що є аналогом ПО мікропроцесора, також включає у свій склад модулі.

Модулі ПО і модулі ПЛІС включають набір алгоритмів, через які безпосередньо реалізуються підфункції ІКС. Алгоритми направлені на виконання конкретних функцій і підфункцій за допомогою констант і параметрів. Аналогом програмних алгоритмів у проектах ПЛІС є так звані IP-Cores (Intellectual Property Cores – ядра з інтелектуальними властивостями). Такі ядра (алгоритми), з одного боку, універсальні та надійно повторювані, а з іншого – параметрично направлені під конкретний проект.

Вищезазначена програмно-апаратна структура ІКС може бути представлена у вигляді восьмирівневого графа, що має форму дерева (рис. 3). Графова модель компонентів ІКС дозволяє чітко визначити структурні рівні АС і ПО, а також розмежувати АС і ПО ІКС.

Розглянемо структуру функцій ІКС. Проведений аналіз показав, що різноманітні ІКС, застосовувані для побудови АСУ ТП АЕС, виконують однотипні функції [14]. Усі функції ІКС можуть бути розділені на дві категорії:

- основні або інформаційно-керуючі функції;
- допоміжні функції або функції безпеки, що забезпечують безпеку і надійність виконання основних функцій.

До основних функцій ІКС відносяться:

- реалізація алгоритмів керування виконавчими механізмами;
- реалізація алгоритмів регулювання;
- реалізація алгоритмів захистів і блокувань;
- формування і видача сигналів;
- виконання обчислень;
- введення й обробка вхідних сигналів;

контроль значень технологічних параметрів;  
 відображення інформації;  
 інформаційний обмін всередині ІКС і з суміжними ІКС;  
 підтримка єдиного часу;  
 реєстрація, збереження і надання інформації.  
 До допоміжних функцій ІКС відносяться:  
 реалізація та підтримка резервування, відновлення і реконфігурації ІКС;  
 гальванічний поділ ланцюгів;  
 забезпечення і контроль точнісних і метрологічних характеристик вимірювальних каналів;

реалізація людино-машинного інтерфейсу;  
 захист від несанкціонованого доступу;  
 технічне діагностування ІКС.

Представлений перелік функцій є загальним і може бути уточнений для конкретного типу ІКС. Крім того, зазначені функції можуть мати різний обсяг і характеризуються, наприклад, наступними кількісними характеристиками:

кількість вхідних і вихідних сигналів;  
 кількість і складністю реалізованих алгоритмів;  
 обсяг переданої інформації.

Реалізація функцій ІКС здійснюється шляхом ро-

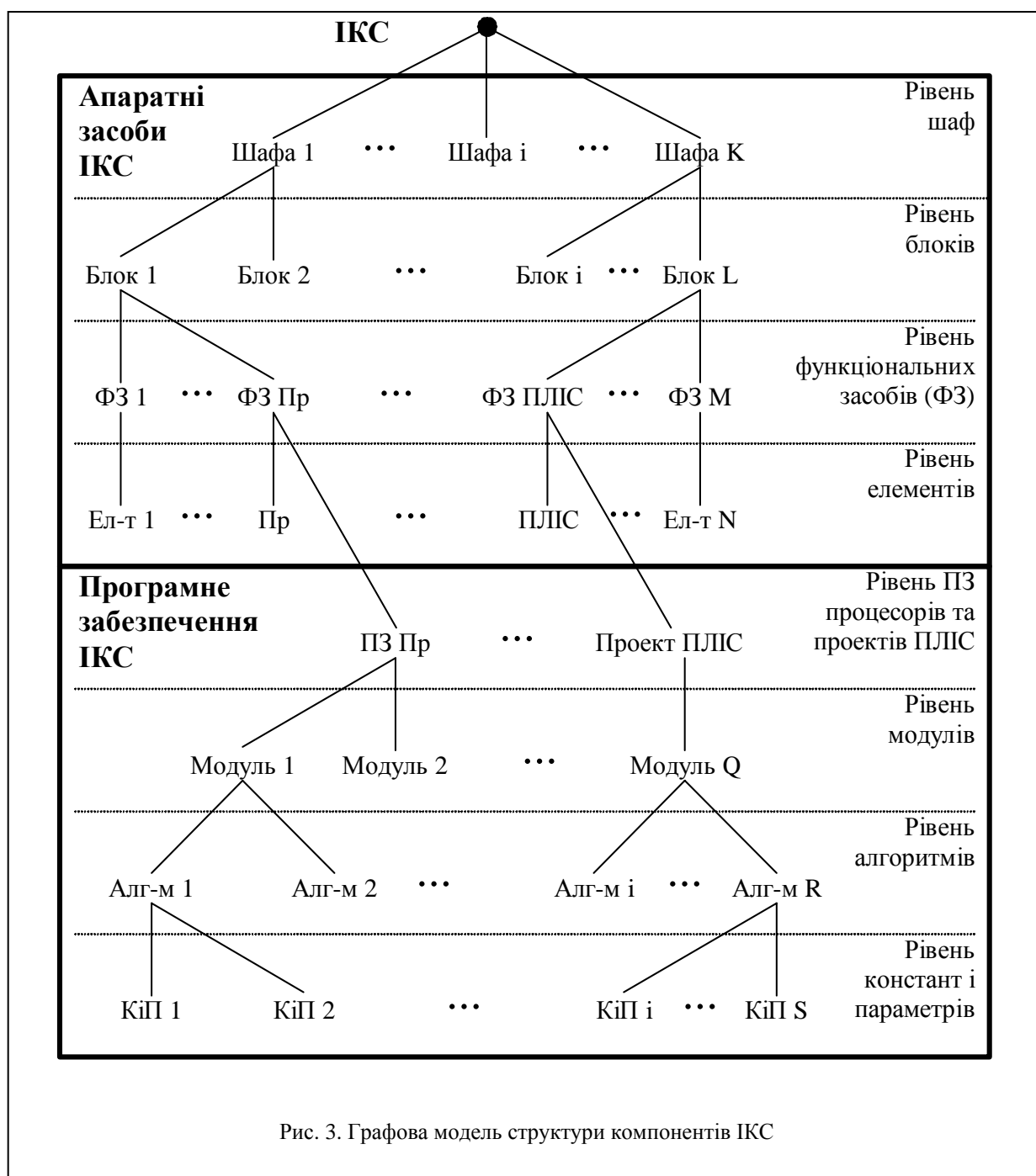


Рис. 3. Графова модель структури компонентів ІКС

зробки різного роду програмно-апаратних компонентів. Тому, може бути зроблений висновок про те, що наявність типової структури виконуваних функцій призводить до наявності в складі ІКС типових функціональних підсистем і їх складових частин. Шафа, що включає АС і ПО, реалізує всю безліч функцій ІКС. У складі ІКС функціональні підсистеми звичайно реалізуються у вигляді блоків. Один блок може виконувати одну або кілька функцій ІКС.

У свою чергу, блоки складаються з функціональних вузлів. Функціональні вузли виконують підфункції, необхідні для реалізації функції або групи функцій ІКС. Таким чином, функції ІКС можуть бути декомповані на складові підфункції. Структура підфункцій може мати кілька ієрархічних рівнів.

Структура функцій ІКС визначається структурою її апаратно-програмних компонентів. Таким чином, модель функцій ІКС може бути представлена у вигляді деревоподібного графа, подібного до наведеного на рис. 3. Однак граф функцій ІКС є урізаним порівняно з графом компонентів ІКС, оскільки підфункції ІКС не приписуються нижнім рівням апаратних і програмних компонентів (рівні елементів і констант і параметрів ПО).

Після розробки моделей структури функцій і структури компонентів необхідно зробити їх інтеграцію в єдину функціонально-компонентну модель ІКС. У табл. 1 вона виконана шляхом встановлення відповідності між графовими моделями структури функцій і компонентами ІКС.

З урахуванням отриманої функціонально-компонентної моделі ІКС може бути деталізована структура простору «функції-компоненти» (див. рис. 1), у якому відображена еволюція ІКС. Відповідно зі структурою функцій і компонент ІКС простір

«функції-компоненти» доцільно представити у вигляді такої ієрархії просторів:

- «підфункції рівня алгоритмів – алгоритми»;
- «підфункції рівня модулів – модулі»;
- «підфункції рівня ПО процесорів і проектів ПЛІС – ПО процесорів і проекти ПЛІС»;
- «підфункції рівня функціональних вузлів – функціональні вузли»;
- «функції рівня блоків – блоки»;
- «функції рівня шаф – шафи»;
- «функції ІКС – компоненти ІКС».

Розглянуті простори можуть бути побудовані двома способами:

- 1) для кожного з об'єктів, що входить до складу якого-небудь з рівнів функціонально-компонентної моделі ІКС;
- 2) для рівня функціонально-компонентної моделі ІКС у цілому.

Розроблена функціонально-компонентна модель ІКС, що описує багаторівневу структуру простору «функції-компоненти», є основою для побудови метрик оцінювання функціонально-компонентних змін ІКС.

**Приклад аналізу змін для ІКС АЕС.** OTS-підхід щодо розробки ІКС широко використовується в тому числі і в ядерній енергетиці. У табл. 2 наведений аналіз застосування готових програмно-апаратних рішень для ІКС, що входять до складу АСУ ТП нових українських енергоблоків Рівне-4 та Хмельницький-2.

Більш докладний аналіз проведемо для програмно-технічних комплексів (ПТК) розробки ЗАТ «Радій» (Кіровоград).

У 2003 р. ЗАТ «Радій» випустило ПТК аварійного захисту (АЗ-ПЗ) на базі принципово нових про-

Таблиця 1

Функціонально-компонентна модель ІКС

Програмно-апаратні компоненти ІКС	Функції ІКС	Апаратні компоненти	Програмні компоненти	Компоненти ПЛІС
Шафа	Безліч функцій ІКС	АС шафи	ПЗ шафи	–
Блок	Група функцій або окремі функції ІКС	АС блоку	ПЗ блоку	–
	Підфункції ІКС	Функціональний вузол блоку	ПЗ процесора	Проект ПЛІС
	–	Елементна база	–	–
	Підфункції ІКС	–	Програмні модулі	Модулі проекту ПЛІС
	Підфункції ІКС	–	Алгоритми	Алгоритми
	Настроювання виконання підфункцій ІКС	–	Константи і параметри	Константи і параметри

**Аналіз застосування OTS-компонентів ІКС  
для нових українських енергоблоків Рівне-4 та Хмельницький-2**

Найменування системи	Розроблювач	Застосовувані операційні системи	Застосовувані програмно-технічні засоби власної розробки
Система керування аварійним і попереджувальним захистом реактора (АЗ-ПЗ)	ЗАТ «Радій» (Кіровоград)	Windows XP	–
Автоматичний регулятор потужності, регулятор обмеження потужності, прискорена попереджувальним захистом (АРМ-РОМ-УПЗ)	ЗАТ «Радій» (Кіровоград)	Windows XP	Програмно-технічні засоби для АЗ-ПЗ
Апаратура контролю нейтронного потоку (АКНП-И)	ЗАТ «Імпульс» (Северодонецьк)	–	Комплекси керуючі обчислювальні МСКУ2
Інформаційно-обчислювальна система (ІОС)	ЗАТ «Імпульс» (Северодонецьк)	Linux	Комплекси керуючі обчислювальні МСКУ2
Система внутрішньореакторного контролю (СВРК-М)	ЗАТ «Імпульс» (Северодонецьк)	Linux	Комплекси керуючі обчислювальні МСКУ2
Система автоматичного регулювання реакторного і турбінного відділення (САР)	ХГПЗ ім. Шевченко (Харків)	QNX MS DOS	Програмно-технічні засоби М2002
Система керування машиною перевагуючою (СКМП)	GANZ (Угорщина)	Windows 2000	Програмно-технічні засоби СКМП

Таблиця 3

**Результати застосування еволюційно-компонентної моделі  
для аналізу змін трьох програмно-технічних комплексів**

Найменування компонента ІКС	Найменування ПТК	
	АРМ- РОМ-УПЗ	УСБ
Шафи	10 %	10 %
Блоки	20 %	80 %
Функціональні вузли блоків	5 %	20 %
Елементна база	5 %	20 %
ПО процесорів	10 %	100 %
Проекти ПЛІС	90 %	90 %
Модулі	50 %	95 %
Алгоритми	100 %	100 %
Константи і параметри	100 %	100 %

грамно-технічних засобів. У даному ПТК вперше у вітчизняній практиці для виконання керуючих функцій, важливих для безпеки АЕС, була застосована цифрова система на базі ПЛІС. У 2004 р. на основі технічних засобів, що пройшли апробацію в складі ПТК АЗ-ПЗ, розроблено ПТК для виконання функцій регулювання потужності (АРМ-РОМ-УПЗ). Зазначені ПТК успішно експлуатуються на всіх АЕС України. На даний час ЗАТ «Радій» розробляє новий ПТК керуючої системи захисту (КСЗ). У табл. 3 наведені підсумкові оцінки змін у складі компонентів

двох останніх із зазначених ПТК. Чисельні показники визначені стосовно вихідного ПТК АЗ-ПЗ. Оцінки представлені у відсотковому відношенні та диференційовані відповідно до рівнів еволюційно-компонентної моделі ІКС.

#### **Висновок**

В даний час однією з основних стратегій розроблювачів ІКС є використання готових програмно-апаратних компонентів як комерційних, так і власного виробництва. З урахуванням проведеного ана-

лізу досліджень в області використання раніше розроблених OTS-компонентів запропонована еволюційно-компонентна модель ІКС.

Ця модель формалізує процедури аналізу раніше розроблених програмно-апаратних OTS-компонентів з використанням векторних операцій у структурованому багаторівневому просторі «функції-компоненти», параметри якого визначаються метричним шляхом.

Розроблена еволюційно-компонентна модель застосована для аналізу розвитку програмно-технічних комплексів для АЕС, що випускаються ЗАТ «Радій».

Подальший розвиток запропонованої моделі доцільно проводити в таких напрямках:

практичне оцінювання всіх рівнів ІКС, які опісані еволюційно-компонентною моделлю;

розробка метрик оцінювання функціонально-компонентних змін ІКС;

розробка методів керування конфігурацією і методів конфігураційного синтезу для ІКС критичного застосування.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Preckshot G., Scott J. A Proposed Acceptance Process for Commercial Off-the-Shelf (COTS) Software in Reactor Applications. NUREG/CR-6421. – Lawrence Livermore National Laboratory, 1995. – 33 p.
2. DeBusk B. Managing the Reliability of COTS-based Military Systems // Proceedings of the 44th Annual Reliability and Maintainability Symposium. – Anaheim (California, USA). – 1998. – P. 394 – 400.
3. IAEA TECDOC-1328. Solution for Cost Effective Assessment of Software Based Instrumentation and Control Systems in Nuclear Power Plant. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2002. – 131 p.
4. Харченко В.С., Харченко К.В. COTS- и CrOTS-подходы к повышению эффективности критических и коммерческих IT-проектов // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – № 2(18). – С. 252 – 258.
5. McDermid J. The Cost of COTS // IEEE Transactions on Computer. – 1998. – V. 46, № 6. – P. 490 – 498.
6. Popov P., Riddle S., Romanovsky A., Strigini L. On Systematic Design of Protectors for Employing OTS Items // Proc. of the 27th Euromicro conference. – Warsaw, Poland. – 2001. – P. 22 – 29.
7. Харченко В.С., Скляр В.В., Кожемяченко В.Г. Классификация и профилирование OTS-продуктов для компьютерных систем управления // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: ХВУ, 2003. – Вип. 2. – С. 38 – 44.
8. Харченко В.С., Скляр В.В., Ястребенецкий М.А. Экспертная оценка безопасности OTS компонент информационных и управляющих систем АЭС // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАНУ. Спеціальний випуск "Інформаційні технології в енергетиці". – К.: ІПМЕ, 2003. – С. 12 – 19.
9. Voas J. Maintaining Component-Based Systems // IEEE Transactions on Software. – 1998. – V. 24, № 7. – P. 531 – 540.
10. Yu Y., Johnson B. A BBN Approach to Certifying the Reliability of COTS Software Systems // Proceedings of the 49th Annual Reliability and Maintainability Symposium. – Tampa (Florida, USA). – 2003. – P. 19 – 24.
11. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++. – М.: Бином, 2000. – 560 с.
12. Харченко В.С., Жихарев В.Я., Илюшко В.М., Нечипорук Н.В. Многоверсионные системы, технологии, проекты. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2003. – 486 с.
13. Харченко В.С., Тарасенко В.В., Ушаков А.А. Отказоустойчивые встроенные цифровые системы на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). – Х.: НАКУ «ХАИ», 2004. – 210 с.
14. Безопасность атомных станций: информационные и управляющие системы / М.А. Ястребенецкий, В.Н. Васильченко, С.В. Виноградская и др. – К.: Техника, 2004. – 472 с.

Надійшла 25.04.2006

Рецензент: д-р техн. наук професор В.А. Краснобаєв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків.