

УДК 004.75

П.П. Маслянюк, О.С. Майстренко

**СИСТЕМНА ІНЖЕНЕРІЯ ПРОЕКТІВ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ****Вступ**

Міжнародні стандарти системної інженерії і сучасні методології реалізації проектів інформатизації організаційних систем базуються на фундаментальних основах прикладного системного аналізу та теорії систем. Згідно з міжнародними стандартами і рекомендаціями INCOSE (International Council on Systems Engineering) та OMG (Object Management Group), теоретичні положення і практичні рекомендації, опубліковані в [1–5], дають можливість удосконалювати існуючі та розробляти нові методи щодо реалізації процесів системної інженерії проектів інформатизації організаційних систем (Org.C) [6–12].

Цілком зрозуміло, що інформаційно-комунікаційна система (ІКС) створюється для забезпечення діяльності Org.C, а не навпаки. Саме тому вкрай необхідно при проектуванні моделі ІКС безпосередньо спиратися на модель Org.C. Обидві моделі повинні еволюціонувати під час створення проекту інформатизації та бути взаємозалежними. Зокрема, таким принципом керується методологія MDA (Model Driven Architecture – архітектура, що базується на моделі) [2]. Фаза моделювання, яка передбачена MDA, забезпечує створення двох моделей: моделі бізнес-процесів PIM (Platform Independent Model), що фактично не залежать від програмної реалізації, та моделі PSM (Platform Specific Model), що базується на вибраній технології створення ІКС. Реалізація взаємозв'язку між даними моделями є одним із ключових питань при дослідженні та впровадженні цієї методології.

Створення сучасних інформаційно-комунікаційних систем для інформатизації Org.C потребує проведення попереднього аналізу Org.C, варіантів реалізації ІКС, впровадження методології їх розробки та підтримки протягом всього життєвого циклу ІКС [10,11]. Існуючі підходи та процеси розробки проектів інформатизації не пристосовані до створення ІКС для широкого класу Org.C [11]. Тому актуальною постає задача розробки технології системної інженерії із застосуванням прикладного системного ана-

лізу та сучасних процесів розробки (development process) на основі графічних мов моделювання.

**Постановка задачі**

*Мета дослідження* – розробка основних положень технології системної інженерії проектів інформатизації Org.C на основі методів прикладного системного аналізу і компонентного процесу реалізації проектів інформатизації Org.C. Системний аналіз проектів інформатизації передбачає декомпозицію проекту інформатизації на компоненти за загальносистемними ознаками та розробку ІКС із застосуванням UML (Unified Modeling Language).

Об'єкт дослідження – організаційні системи всіх форм власності.

Предмет дослідження – структурне і динамічне представлення процесів інформатизації організаційних систем на всіх етапах їх життєвого циклу.

**Системна інженерія проектів інформатизації організаційних систем**

Системна інженерія – це, як правило, міждисциплінарний ітеративно-інкрементний процес розробки продуктів або процесів на основі теорії систем, що базується на використанні певних принципів декомпозиції системи на частини і створення таких систем на основі вимог користувачів.

Тут під “системою” ми розуміємо множину визначених сутностей і відношень між ними, необхідну і достатню для існування системи [10, 11].

Тоді, за аналогією, інформаційно-комунікаційна система – це множина визначених сутностей інформатизації і обумовлених зв'язків між ними, необхідна і достатня для забезпечення досягнення мети інформатизації Org.C.

Системна інженерія проектів інформатизації Org.C спрямована насамперед на розробку максимально ефективних ІКС, скорочення витрат та часу на проектування і експлуатацію, автоматизацію проектування, генерацію кодів програмних систем і програмних продуктів.

Виходячи з цього методологія системної інженерії SE (System Engineering) проектів інформатизації організаційних систем складається з розв'язання трьох класів задач: виділення множини сутностей, необхідних і достатніх для реалізації проекту інформатизації Org.C;

розробки бізнес-моделі Орг.С; розробки проекту інформаційно-комунікаційної системи для реалізації та досягнення мети проекту інформатизації Орг.С [10, 11].

Процес системної інженерії проектів інформатизації, фази, стадії та ітерації, відповідно до стандартів і рекомендацій INCOSE та OMG, наведено на рис. 1.

Процес розробки (development process) визначається як упорядкований, достатній і функ-

ціонально повний ряд робіт з розробки проектів інформатизації організаційних систем із заданими показниками ефективності.

Для реалізації методології системної інженерії проектів інформатизації Орг.С в [11] запропоновано один із можливих варіантів удосконаленого бізнес-профілю, який забезпечує представлення Орг.С і процесів інформатизації Орг.С як систему визначених сутностей та відношень між ними (рис. 2).

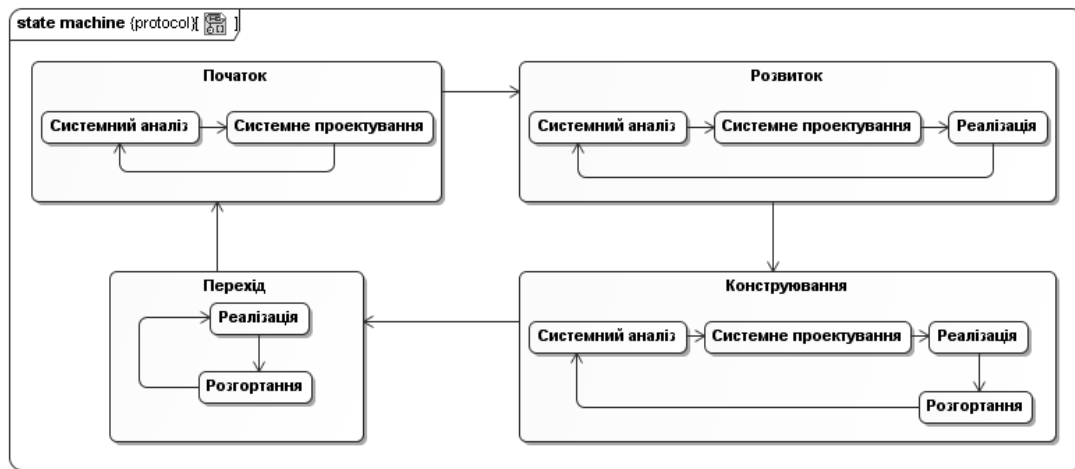


Рис. 1. Фази, стадії та ітерації системної інженерії проектів інформатизації Орг.С

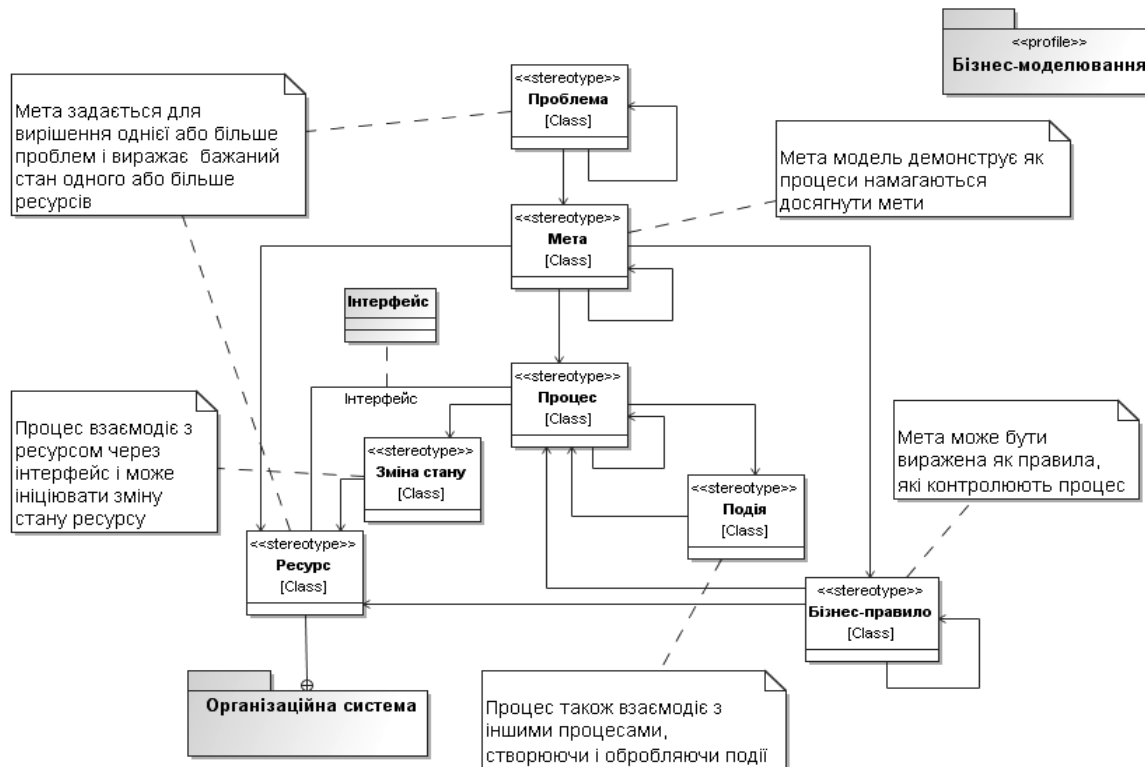


Рис. 2. Удосконалений бізнес-профіль Орг.С. Діаграма класів у нотатції UML

Бізнес-профіль є підмножиною існуючої базової метамоделі, тобто містить множину визначених стереотипів та обмежень. У моделі стереотип застосовується до елемента відповідного метатипу, а значення метаатрибути присвоюються розробником моделі. Стереотипи являють собою визначені базові сутності Орг.С (див. рис. 2).

Бізнес-модель Орг.С, що базується на запропонованому бізнес-профілі, виконується за допомогою мови графічного моделювання UML. З точки зору автоматизації проектування ІКС і представлення результатів системного аналізу Орг.С, найдоцільніше виконувати графічне моделювання. Однак на деяких стадіях системного аналізу і системного проектування для більш точного дослідження особливостей Орг.С та її складових сутностей слід також виконувати і математичне моделювання.

Процес графічного моделювання передбачає застосування механізму профілювання допустимими засобами уніфікованої мови моделювання (profile in Unified Modeling Language), тобто визначення множини обмежених розширень базової метамоделі, які адаптують її для конкретної платформи або області [9].

Методологія бізнес-моделювання базується на виділенні базових системних сутностей

Орг.С: *меті діяльності, бізнесі-процесу, бізнесі-правил, персоналі і ресурсах*, необхідних і достатніх для проведення визначеної діяльності [5, 9, 11]. Ці сутності разом із процесом інформатизації і загальносистемними критеріями декомпозиції ІКС на окремі компоненти і формують бізнес-профіль.

Під *бізнес-профілем* в загальному випадку розуміється набір стандартів і технологій інформатизації, які зорієнтовані на реалізацію системної інженерії проектів інформатизації Орг.С [5, 9, 11].

### Системні сутності організаційних систем

Бізнес-профіль базується на основних системних сутностях Орг.С: *мета діяльності, бізнес-процес, бізнес-правила, ресурси* [5,11].

Сутність *мета діяльності* визначає цілі і мету діяльності як Орг.С в цілому, так і кожного бізнес-процесу, зокрема. Мета задається для вирішення однієї або більше проблем і виражає бажаний стан ресурсів.

Сутність *бізнес-процес* — це стійка, цілеспрямована сукупність взаємопов'язаних видів діяльності, що, згідно з певною технологією, перетворюють вхідні ресурси у вихідні, які мають цінність для користувача [5, 13, 14] (рис. 3).



Рис. 3. Фрагмент діаграми діяльності UML AD бізнес-процесів Орг.С

Найбільш широкі класи бізнес-процесів, які використовуються практично в усіх Орг.С, це – корпоративне управління, стратегічний менеджмент, маркетинг, продаж, виробництво, набір персоналу, підтримка інформаційних ресурсів та фінансовий менеджмент.

Динамічне представлення бізнес-процесів за допомогою діаграми діяльності в нотатції UML (UML AD) являє собою моделювання бізнес-процесів із використанням семантики мереж Петрі (див. рис. 3). При цьому маркерами (“фішками”) мережі Петрі є об’єкти, які передаються в діяльності (activity) між діями (action) через вхідні та вихідні з’єднання (input, output pins).

Сутність *бізнес-правила* накладає статичні і динамічні обмеження на бізнес-процес для досягнення мети. Обмеження, що накладаються на бізнес-моделі, можуть бути представлені бізнес-правилами з використанням структурованої природної мови. Бізнес-правила формуються стратегічним менеджментом Орг.С і описують завдання, які повинні виконувати бізнес-процеси.

Прикладами узагальнених бізнес-правил є маркетингові стратегії, політика ціноутворення, практика керування взаємовідносинами із замовниками, політика роботи з персоналом та законодавчі обмеження.

Бізнес-правила регламентують реалізацію, поведінку і взаємодію бізнес-процесів Орг.С. Їх можна представити за допомогою елементів теорії множин. При цьому необхідно надати правила переходу між елементами графічного представлення (асоціації між класами, атрибути

класів, операції класів, асоційовані класи) та функціональними елементами. Для інтеграції в бізнес-модель бізнес-правила можуть бути виражені з використанням мови OCL (Object Constraint Language – мова об’єктних обмежень). Наприклад, вираження асоціації між класами  $C_0$  і  $C_1$  (рис. 4) можна описати в такому вигляді:

$$\forall C_0 : x \quad \forall C_1 : y (r_1(x) = y \leftrightarrow r_0(y) = x),$$

$$\text{якщо } m_0 = m_1 = 1;$$

$$\forall C_0 : x \quad \forall C_1 : y (y \in r_1(x) \leftrightarrow r_0(y) = x),$$

$$\text{якщо } m_0 = 1, m_1 \neq 1;$$

$$\forall C_0 : x \quad \forall C_1 : y (r_1(x) = y \leftrightarrow x \in r_0(y)),$$

$$\text{якщо } m_0 \neq 1, m_1 = 1.$$



Рис. 4. Фрагмент представлення діаграми класів у нотатції UML

Сутність *ресурси* – об’єкти (матеріальні і нематеріальні сутності), які діють або використовуються при реалізації бізнес-процесів. Ресурси – це сутності, що споживаються, створюються або використовуються бізнес-процесами [5, 9–11, 13, 14]. На рис. 5 і 6 показано представлення ресурсів Орг.С відповідно до їх

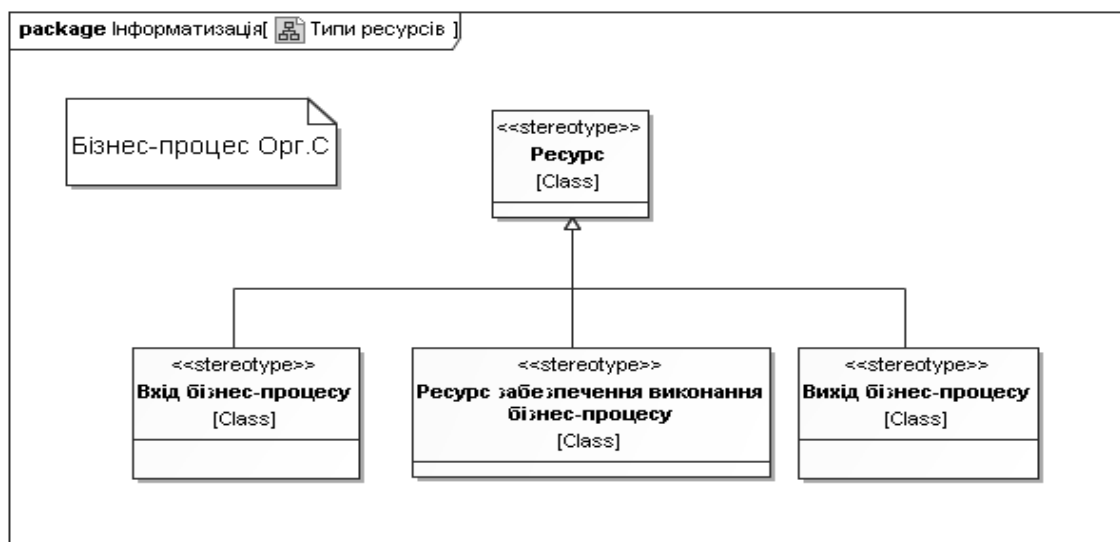


Рис. 5. Системне представлення ресурсів відносно процесів

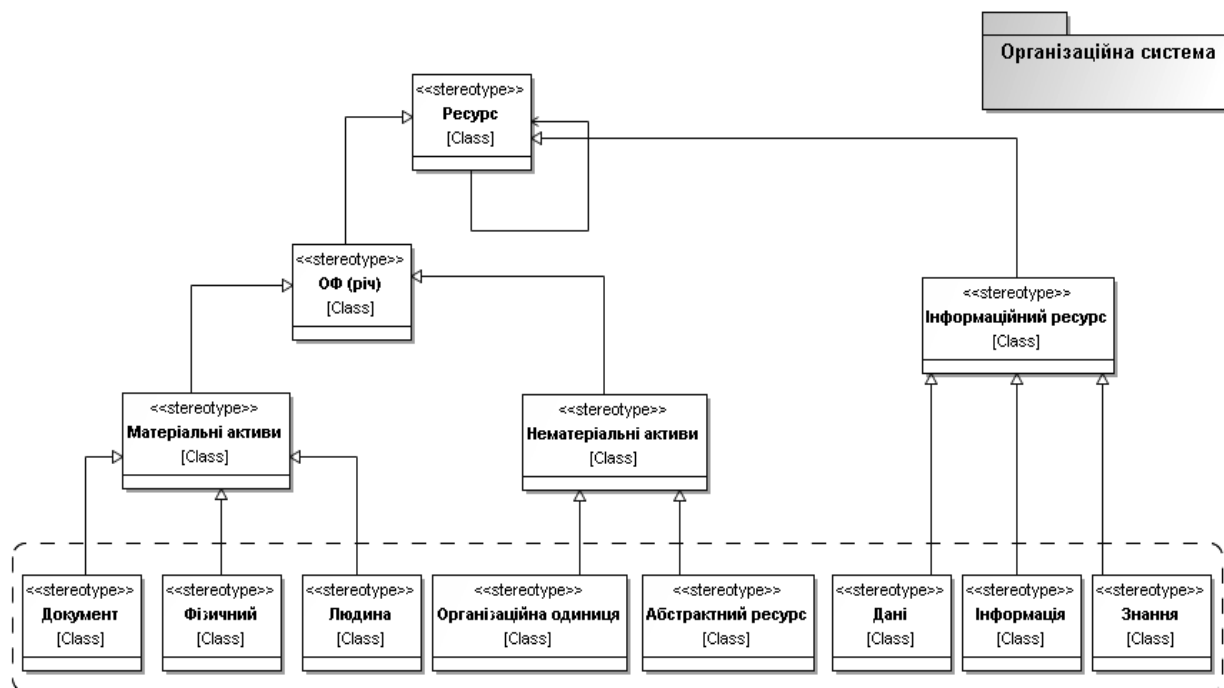


Рис. 6. Системне представлення ресурсів відповідно до їх сутностей

застосування та класифікації. Прикладами ресурсів є організаційна структура, фізичний ресурс, людина, документ, дані, інформація та знання.

Використання UML State Charts реалізує процес моделювання ресурсів на основі теорії скінченних автоматів. На рис. 7 наведено перетворення вхідних даних, інформації і знань під впливом бізнес-процесів обробки даних, обробки інформації та синтезу знань.

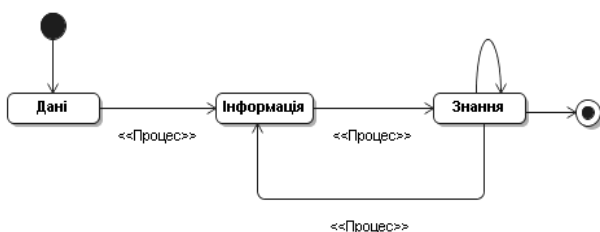


Рис. 7. Фрагмент діаграми UML State Chart бізнес-ресурсів

Таким чином, четвірка *< мета діяльності, бізнес-процес, бізнес-правила, ресурси >* реалізує систему сутностей, що необхідна і достатня для побудови бізнес-моделі Орг.С для обґрунтування та реалізації максимально ефективного проекту інформатизації Орг.С.

Безпосередньо процес моделювання бізнес-процесів як основної складової частини

Орг.С виконується в нотації BPMN (Business Process Modeling Notation – нотація моделювання бізнес-процесів) або з використанням діаграм діяльності UML. Для представлення інших сутностей Орг.С і їх зв'язків із бізнес-процесами використовуються діаграми класів (class diagram), діаграми діяльності (activity diagram) та діаграми станів (state chart diagram) UML.

### Бізнес-модель ІКС

Визначення системних сутностей і розробка ефективної бізнес-моделі Орг.С створює передумови для розробки ефективної ІКС. Модель ІКС забезпечує логічний перехід від техніко-економічного обґрунтування до ескізного і технічного проектування, створення дослідного зразка та проведення випробувань. На рис. 8 показано структурне представлення процесів моделювання інформаційно-комунікаційної системи Орг.С і засоби його реалізації.

Конкретні варіанти бізнес-моделей і моделей ІКС використовуються при узгодженні та реалізації ІКС, а також при генерації програмного коду засобами автоматизації проектування.

Системна інженерія ІКС передбачає використання основних засобів інформатизації Орг.С для реалізації бізнес-моделі ІКС [6]:

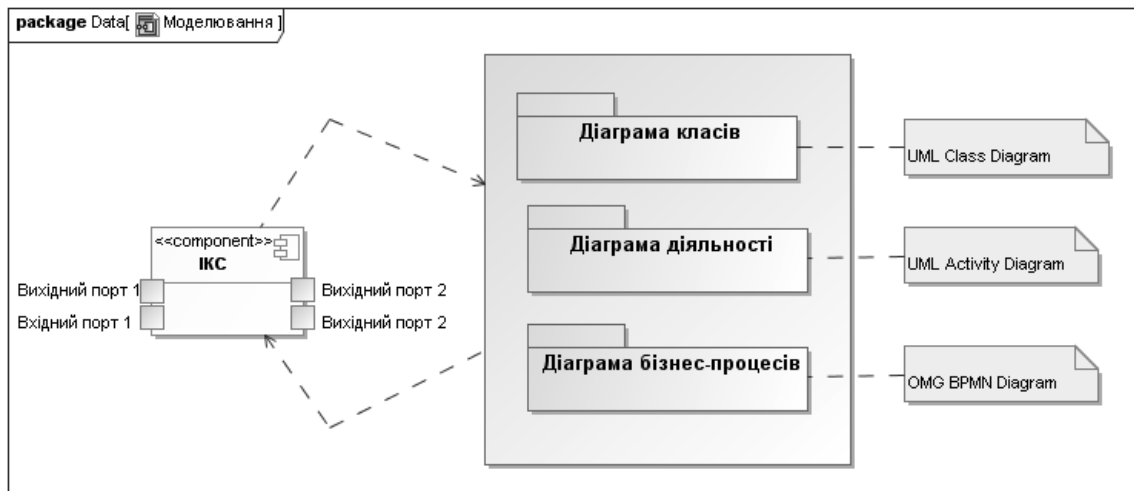


Рис. 8. Структурне представлення процесу моделювання ІКС

- організаційних технологій, технологій керування проектами інформатизації, технологій прикладного системного аналізу та CASE-технологій розробки проектів інформатизації;
- інтегрованих засобів здійснення комунікацій із загальнодержавним інформаційним простором та здійснення зовнішніх комунікацій з Орг.С інших держав;
- термінального обладнання і засобів доступу до інформаційних ресурсів як багатофункціональних платформ різних виробників і постачальників;
- мереж: первинного доступу, телефонних мереж, IP-мереж, безпроводових мереж, оптичних мереж та мультисервісних мереж;
- послуг — обробки, передачі і збереження голосу, даних та відео, інтеграції в структуру мереж інтелектуальних серверів;
- інформаційних ресурсів — файлових систем, персональних і розподілених баз даних, інформаційних сховищ, інформаційних колекторів, Web-ресурсів, публічних ресурсів зовнішніх Орг.С.
- технологій підготовки, підтримки прийняття та реалізації рішень:
  - засобів автоматизації комунікацій, підготовки документів і корпоративного документообігу, контролю за виконанням наказів і розпоряджень, персональних баз даних, класифікаторів і довідників, предметно-орієнтованих інформаційних систем;
  - інтелектуалізованих систем і технологій керування бізнес-процесами;
  - інтелектуалізованих комунікаційних технологій;
  - інтелектуалізованих систем навчання і тренування;

- інтелектуалізованих інформаційних технологій керування безпекою корпоративних ІКС.

Системна інженерія передбачає застосування ітеративно-інкрементного і компонентного процесів розробки із загальносистемним критерієм поділу проекту інформатизації на частини. Такий підхід може представляти ІКС набором незалежних компонентів, які реалізуються та взаємодіють між собою на основі специфікацій [15]. В цьому випадку модель ІКС являє собою діаграму компонентів (component diagram) в нотації UML (рис. 9).

*Компоненти* — програмно-апаратні системи, такі як *корпоративний портал, інформаційні ресурси* та інші, що створюються окремо й незалежно один від одного, але інтегруються на системному рівні в єдиний компонент — ІКС на основі відкритих іменованих специфікацій та інтерфейсів; тобто компонент має специфікацію, відповідає стандартам, може бути представлений структурою модулів, встановлений в ІКС і має реалізацію. Компоненти поєднані між собою через пари іменованих інтерфейсів (required і provided interfaces).

Необхідний набір характеристик і параметрів моделі реалізується з використанням об'єктної мови OCL. Це дає можливість вже на етапі "Початок" [11, 12] отримати варіант специфікації ІКС в цілому, тобто формалізований опис властивостей, характеристик і функцій об'єктів, компонентів, пакетів та способів і правил їх взаємодії в системі. Характеристики формуються на основі результатів проведення процедур системного аналізу [1] — цільового, ситуаційного та інформаційного.

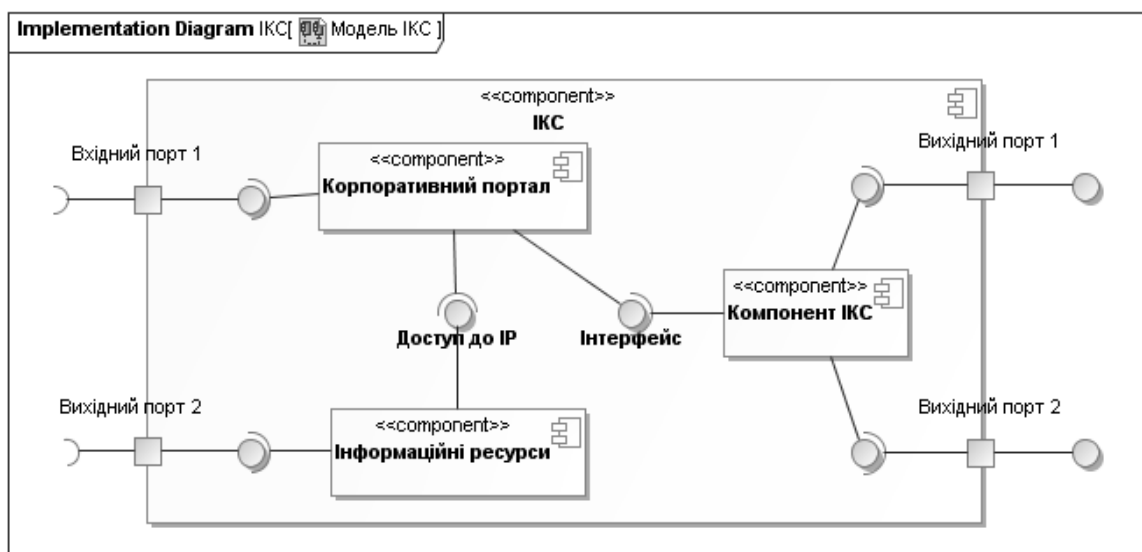


Рис. 9. Бізнес-модель ІКС

### Основні компонентні елементи бізнес-моделі ІКС

Переважає більшість ІКС містить у собі такі основні компоненти, як *інформаційний ресурс* і *засоби доступу* до інформаційного ресурсу.

*Корпоративний портал* — це інтегрований інтерфейс із персоналізацією доступу до корпоративної системи, систематизованих інформаційних технологій та інформаційних ресурсів ІКС [16]. Під поняттям “корпоративний портал” слід розуміти функціонально повну частину організаційної системи, яка надає користувачам єдину точку доступу до внутрішніх і зовнішніх інформаційних ресурсів, необхідних для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Для представлення множини виключно бізнес-процесів на програмному рівні можна використовувати поняття “сервіс” або ж “веб-сервіс” теорії корпоративних порталів — це цілком окремий об’єкт, який виконує індивідуальну, особливу бізнес-функцію або функцію інфраструктури. Таке представлення виконується за допомогою BPEL4WS (Business Process Execution Language for Web Service — мова виконання бізнес-процесів для веб-сервісів). Перехід від бізнес-моделі до моделі “Компоненти порталу” можливий з використанням автоматизованих засобів, що генерують програмну та програмно-апаратну модель з моделі опису бізнес-процесів.

Дані, інформація і знання — сутності, які можуть відображати об’єкти, процеси та явища навколишнього середовища і є абстрактними

об’єктами [17]. Засобом їх матеріалізації є інформаційний ресурс.

*Інформаційний ресурс*, згідно із законодавством України, — це сукупність документів в інформаційних системах (бібліотеках, архівах, банках даних тощо) [17]. Інформаційні ресурси використовуються під час реалізації бізнес-процесів. Модель Орг.С описує вимоги до інформаційних ресурсів, регламентує порядок їх обробки, зберігання та використання. Відповідно до цих вимог розробляється необхідний інформаційний ресурс Орг.С. Прототипування інформаційних ресурсів — одне з основних завдань системної інженерії проектів інформатизації Орг.С. Під прототипуванням інформаційних ресурсів розуміється створення нових видів інформаційних ресурсів на основі існуючих даних, інформації, знань [17].

Специфікація вимог до ресурсу і визначення іменованих інтерфейсів дозволяє розділити процес розробки ресурсу на незалежні компоненти, які можуть бути спроектовані і розроблені окремо. Визначені вимоги дають можливість обґрунтовано вибрати засоби створення окремих компонентів ресурсу. Використання компонентного процесу та іменованих специфікацій забезпечує інтеграцію розроблених окремо компонентів інформаційного ресурсу на стадіях реалізації та розгортання.

### Висновки

Запропоноване рішення технології системної інженерії проектів інформатизації Орг.С на

основі методів прикладного системного аналізу та компонентного процесу реалізації проектів інформатизації дає змогу систематизувати та упорядкувати процес розробки проектів інформатизації Орг.С.

Системний аналіз проектів інформатизації передбачає декомпозицію проекту інформатизації на компоненти за загальносистемними ознаками та розробку ІКС із застосуванням UML (Unified Modeling Language).

Таким чином, технологія створення проектів інформатизації Орг.С специфікує і дає можливість налагодити процес розробки й розгортання ІКС на всіх етапах її життєвого циклу. На основі фаз розробки ітеративного процесу із загальносистемним критерієм поділу визначається принцип застосування технології моделювання Орг.С. Профіль моделювання застосовується при створенні графічної моделі на етапі бізнес-моделювання, що визначає всі необхідні і достатні складові сутності Орг.С для реалізації, впровадження і оцінки проекту ін-

форматизації. Безпосередньо процес реалізації компонентів (програмних систем) виконується автоматизовано за рахунок використання інструментарію мови UML.

Результати дослідження пропонуються для реалізації системної інженерії проектів інформатизації організаційних систем в частині:

1) застосування прикладного системного аналізу для виділення та представлення бізнес-сутностей Орг.С і відношень між ними;

2) використання удосконаленого бізнес-профілю для реалізації бізнес-моделювання Орг.С;

3) створення компонентної моделі інформаційно-комунікаційної системи Орг.С.

Таким чином, застосування прикладного системного аналізу і компонентного процесу розробки дає можливість автоматизувати процеси системної інженерії проектів інформатизації Орг.С на всіх етапах життєвого циклу малих (локальних), середніх (регіональних) та великих (глобальних) ІКС.

П.П. Маслянюк, А.С. Майстренко

#### СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ПРОЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Системная инженерия проектов информатизации организационных систем охватывает все этапы жизненного цикла информационно-коммуникационных систем. Итеративно-инкрементный процесс разработки, в соответствии с международными стандартами, на всех фазах и итерациях обеспечивает выделение множества сущностей, необходимых и достаточных для реализации проекта информатизации Орг.С, разработку бизнес-модели Орг.С и разработку проекта информационно-коммуникационной системы для реализации и достижения цели проекта информатизации Орг.С. Процесс бизнес-моделирования реализуется с помощью бизнес-профиля, который выделяет системные сущности и отношения между ними.

P.P. Maslyanko, O.S. Maystrenko

#### THE SYSTEM ENGINEERING OF ORGANIZATIONAL SYSTEM INFORMATIZATION PROJECTS

In this paper, we highlight that the system engineering of organizational system informatization projects includes all stages of informative-communicative systems lifecycle. We consider the iterative-incremental development process, which complies with international standards and provides the abstraction of a set of entities necessary and sufficient for implementation of Org.S informatization projects, development of Org.S business model and informative-communicative system to achieve the goal of Org.S informatization project. Thus, we show that a business profile, which separates the system entities and their relations contributes to the implementation of the business modeling process.

1. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения. — К.: Наук. думка, 2005. — 744 с.
2. MDA Explained: The Model Driven Architecture-Practice and Promise 9780321194428 (032119442X), Addison Wesley, 2003.
3. OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure, V2.1.2 November. — 2007 <http://www.omg.org/docs/formal/07-11-02.pdf>
4. Koehler J., Hauser R., Sendall S., Wahler M. Declarative techniques for model-driven business process integration // IBM systems journal. — 2005. — 44, N 1.

5. Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж. UML. Классика CS. — 2-е изд. / Пер. с англ.; под общей ред. С. Орлова. — СПб.: Питер, 2006. — 736 с.
6. Маслянюк П.П. Концепція інформатизації корпоративних структур // Наукові вісті НТУУ "КПІ". — 2001. — № 3. — С. 45–50.
7. Маслянюк П.П. Технология информатизации корпоративных структур. Ч.1 // Корпоративные системы. — 2001. — № 1. — С. 17–19.
8. Маслянюк П.П. Технология информатизации корпоративных структур. Ч.2 // Там же. — № 4. — С. 19–23.
9. Ericsson H.-E., Penker M. Business Modeling with UML: Business Patterns at work — Wileu Computer Publishing, 2000.
10. Маслянюк П.П. Основні положення методологій системного проектування інформаційно-комунікаційних систем // Наукові вісті НТУУ "КПІ". — 2007. — № 6. — С. 54–60.
11. Маслянюк П.П. Системне проектування процесів інформатизації // Там же. — 2008. — № 1. — С. 28–36.
12. Maslyanko P., Maystrenko O. The research of business modeling technologies for informative-communicative systems design // Materials of international conference TCSET 2008. — Lviv, 2008.
13. Маслянюк П.П., Майстренко О.С. Система моделювання бізнес-процесів організаційної структури // Праці XIII Всеукр. наук. конф. "Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики". — Львів, 2006. — С. 103.
14. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процесов. — М.: РИИ "Стандарты и качество", 2004. — 408 с.
15. Маслянюк П.П. Компонентні процеси системного проектування інформаційно-комунікаційних систем // Наукові вісті НТУУ "КПІ". — 2008. — № 2. — С. 29–38.
16. Маслянюк П.П., Стокоз К.В. Розробка та дослідження технологій автоматизованого проектування корпоративних порталів // Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики. — Львів, 2006.
17. Маслянюк П.П., Ліссов П.М. Інформаційні ресурси та засоби їх створення // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. Володимира Даля. — 2007. — № 5 (111). — С. 141–145.

Рекомендована Радою  
факультету прикладної математики  
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції  
10 листопада 2008 року