

УДК 004.832:005.83

К 56

## МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІСТУ ПРОЕКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СТОХАСТИЧНИХ ГРАФІВ

І. І. Коваленко, д-р техн. наук, проф.;

Т. В. Пономаренко, канд. техн. наук;

А. А. Маслов, студ.

*Національний університет кораблебудування, м. Николаїв*

**Анотація.** Виконано моделювання змісту проектів за допомогою експертних систем, що застосовують альтернативні стохастичні графи як інструмент моделювання і дослідження змісту проектів у сфері перспективного розвитку енергетичного сектора України.

**Ключові слова:** управління змістом проектів, експертні системи, альтернативні стохастичні графи.

**Аннотация.** Выполнено моделирование содержания проектов при помощи экспертных систем, которые используют альтернативные стохастические графы как инструмент моделирования и исследования содержания проектов в сфере перспективного развития энергетического сектора Украины.

**Ключевые слова:** управление содержанием проектов, экспертные системы, альтернативные стохастические графы.

**Abstract.** Modeling of projects content is performed using the expert systems based on the alternative stochastic graphs as a tool for modeling and research of projects content in the field of advanced development of the power-generating sector of Ukraine.

**Keywords:** modeling projects content, expert systems, alternative stochastic graphs.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Змістом початкового процесу створення нового виробу є прикладні наукові дослідження, найбільш істотною особливістю яких — наявність великої кількості альтернативних сценаріїв досягнення висунутих цілей. Варіанти макроструктури технічної системи характеризуються різним складом і кількістю компонентів, які, у свою чергу, можуть мати оригінальну структуру, що визначає в сукупності комбінаторне число варіантів створення виробу. Ця обставина обумовлює адекватність моделювання етапів процесу створення нової продукції за допомогою альтернативних стохастичних графів. При цьому слід мати на увазі, що моделі, засновані на альтернативних графах, можуть застосовуватися для аналізу не тільки початкових стадій процесів розробки продукції, а й будь-яких інших, в яких необхідно здійснити аналіз комплексу альтернативних ситуацій.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Спрощення методом декомпозиції складних описів об'єктів і відповідно до засобів їх розбиття на ієрархічні рівні та аспекти вводить поняття стилю проектування (висхідний і спадний), встановлює зв'язок між параметрами сусідніх ієрархічних рівнів [1].

Блочно-ієрархічний підхід до проектування конструкцій, що застосовується на практиці, заснований на цій ідеї [2].

Використання принципів блочно-ієрархічного підходу до проектування спричиняє появу ієрархії ма-

тематичних моделей проєктованих об'єктів. Кількість ієрархічних рівнів при моделюванні визначається складністю проєктованих об'єктів і можливістю засобів проєктування [3].

При використанні блочно-ієрархічного підходу до проектування уявлення про проєктовану систему розчленовують на ієрархічні рівні. На верхньому рівні використовують найменш деталізоване уявлення, що відбиває лише загальні риси та особливості проєктованої системи. На наступних рівнях ступінь подробиць опису зростає, при цьому розглядають уже окремі блоки системи, але з урахуванням впливів на кожен з них його сусідів. Такий підхід дозволяє на кожному ієрархічному рівні формулювати завдання прийнятної складності, які піддаються вирішенню за допомогою наявних засобів проєктування. Розбиття на рівні повинно бути таким, щоб документація на блок будь-якого рівня була наочною для сприйняття однією людиною [5].

Отже, описаний вище блочно-ієрархічний підхід припускає, що існують математичні моделі, які описують поведінку окремих частин вихідної конструкції. Додатково вводяться умови, що описують характер сполучення розглянутої частини з іншими частинами, у формі деяких математичних залежностей [6].

Необхідно зазначити, що перетворення дерева цілей (дерева проблем або іншої конструкції, що відображає загальну структуру науково-технічної розробки) в альтернативний граф не є алгоритмічною проблемою, а виконується на експертному рівні. Тим не менш, на основі аналізу і подальшого визначення основних типів вершин дерева цілей може бути

створений інструмент, що допомагає експертам в автоматизованому режимі будувати альтернативні графи, які відображають різні сценарії. У роботі [4] для відображення альтернативних ситуацій пропонується розглядати вісім типів вершин графів, причому альтернативи описуються ймовірностями їх реалізації як незалежними, так і з урахуванням попередніх рішень. Іншими словами, ймовірності виходів альтернативної події в моделі залежать від попереднього кроку розробки, тобто завершення дуг на вході події. У цілому ж модель розробки альтернативних графів організується як деяка суперпозиція пов'язаних між собою вершин різних типів. На наступному етапі побудови структурної схеми основним завданням є визначення якнайбільшого набору альтернативних напрямків розвитку змісту.

У роботі [4] розглянуто алгоритм побудови програмного генератора топологій стохастичних графів, в основу якого можуть бути покладені відомі формули комбінаторики, що описують процедури формування перестановок і поєднань, вихідної множини входів і виходів на вершинах графа.

Це дозволяє застосувати при проектуванні блочно-ієрархічний підхід, розділяючи складну проблему створення нового обладнання на ряд послідовно розв'язуваних задач малої складності. Цей підхід ґрунтується на структуруванні описів об'єкта з поділом описів на ряд ієрархічних рівнів за ступенем детальності відображення в них властивостей об'єкта та його частин. Кожному ієрархічному рівню притаманні свої форми документації, математичний апарат для побудови моделей та алгоритмів дослідження. Сукупність мов, моделей, постановок задач, методів отримання описів деякого ієрархічного рівня часто називають рівнем проектування [2].

Розглянемо способи формального опису структур у рамках блочно-ієрархічного підходу за допомогою «I-I», «I-АБО»-дерев. «I»-дерево зручно застосовувати для опису структури конкретного об'єкта. Воно являє собою множину вершин і зв'язуючих їх ребер. Вершини розділені на яруси, кожен ярус належить до одного з ієрархічних рівнів, а вершини відображають складові частини проектного об'єкта [3].

Користувач у взаємодії з діалоговим процесом на основі блочно-ієрархічного підходу та принципів декомпозиції виконує розбиття заданої задачі великої розмірності на сукупності функціональних підзадач меншої розмірності [3–6].

**МЕТА СТАТТІ** — дослідження змісту проектів у сфері перспективного розвитку енергетичного сектора України за допомогою експертних систем, що застосовують альтернативні стохастичні графи як інструмент моделювання.

#### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Велика розмірність завдань проектування складних технічних систем та об'єктів робить доцільним

блочно-ієрархічний підхід, при якому процес проектування розбивається на взаємопов'язані ієрархічні рівні. Структурний синтез становить суттєву частину процесу проектування і також організовується за блочно-ієрархічним принципом. Це означає, що синтезується не вся складна система цілком, а на кожному рівні відповідно до обраного способу декомпозиції синтезуються певні функціональні блоки з відповідним рівнем деталізації. Існують різні способи класифікації задач структурного синтезу. Так, зокрема, в залежності від стадії проектування розрізняють такі процедури структурного синтезу: вибір основних принципів функціонування проектного системи, вибір технічного рішення в рамках заданих принципів функціонування, випуск технічної документації. У залежності від типу синтезованих структур розрізняють завдання одновимірного, схемного та геометричного синтезу.

Таким чином, цей підхід заснований на зображенні процесу створення нової продукції у вигляді багатоваріантного альтернативного стохастичного графа  $G(J, U)$ , де  $J$  — множина вершин,  $U$  — множина дуг, в якому в тій чи іншій комбінації застосовуються вісім типів вершин, що відображають різні ситуації в розроблюваних сценаріях (рис. 1). Альтернативна стохастична мережева модель дозволяє в автоматизованому режимі імітувати процес оцінки та прийняття рішень у місцях альтернативного розгалуження процесу, визначити повну ймовірність кожного з передбачених варіантів розробки, час і витрати, пов'язані з реалізацією того чи іншого проекту. Крім того, альтернативна стохастична модель дає можливість визначити функції поділу параметрів розробки виробу з урахуванням відносних переваг кожного з варіантів його виготовлення, вартість і час реалізації проекту за найважливішими етапами, оцінювати ступінь невизначеності розробки.

Розглянемо приклад одного з варіантів побудови альтернативних графів. На першому етапі створення сценарію інноваційної розробки на змістовому рівні визначається структурна схема, в рамках якої досліджуваний об'єкт розчленовується на укрупнені елементи (групи робіт). Характер такого розбиття специфічний для різних видів розробок і визначається типом створюваного об'єкта. На рис. 2 наведено альтернативний стохастичний граф напрямку можливого розвитку енергетичної та суднобудівної галузей України.

Запис типів вершин у наведеній формі розглядається таким чином. Для довільної вершини  $e$  графа є логічні умови на вході і виході. Наприклад, тип  $\wedge e$  означає, що на вході  $e$  має місце умова «І», тобто вершина вважається пройденою (досягнутою) після закінчення всіх робіт, які безпосередньо передують їй; умова «виключне або» на виході вершини означає, що буде реалізовуватися одна і тільки одна робота з усіх робіт, які виходять з неї.

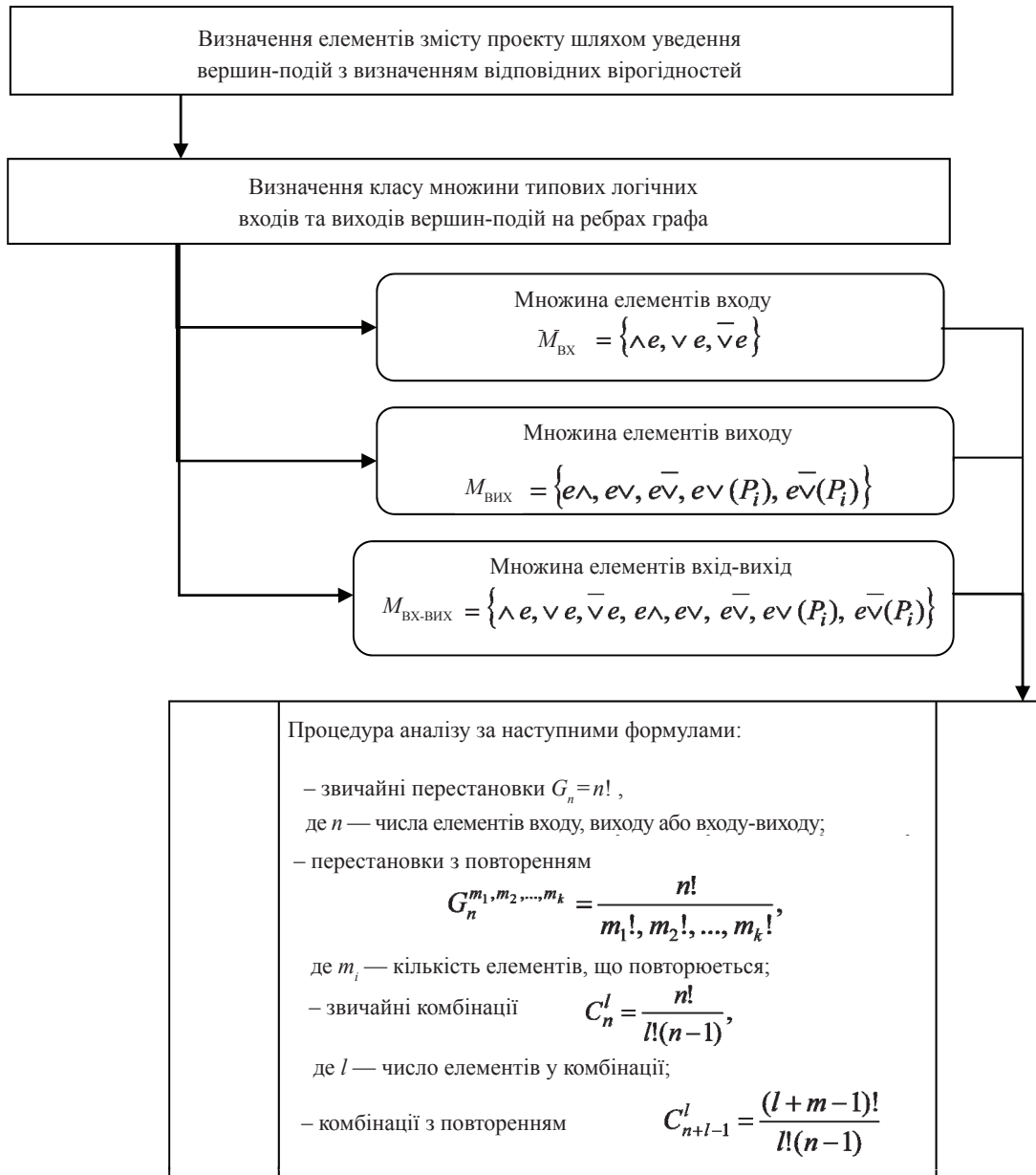


Рис. 1. Модель генерації та початкового аналізу стохастичного графа при управлінні змістом проекту

На практиці в процесі пошуку замовлень підприємство стикається з необхідністю оцінити технічну можливість та економічну привабливість будівництва суден. На основі різних експрес-оцінок здійснюється попередній аналіз, приймається фактичне рішення про доцільність укладення контракту купівлі-продажу пропонованого судна. Технічна можливість будівництва судна визначається спеціалізацією підприємства за типами споруджуваних суден, наявністю необхідного технологічного устаткування і трудових ресурсів з необхідною професійною структурою та кваліфікацією. Більша точність експертному оцінюванню розвитку змісту

проектів надається визначенням потенційними стейкхолдерами оцінки ймовірного фінансування наведених у графі подій проаналізованих сценаріїв змісту залежно від їх можливої участі у проекті.

Економічна привабливість визначається контрактною ціною судна, залежною, з одного боку, від кон'юнктури світового ринку, а з іншого — від собівартості будівництва судна. Для замовника контрактна ціна відображає прийнятну специфікацію судна, якість робіт, що виконуються підприємством-будівельником, а також норму доходу, яку отримає замовник на вкладений капітал, і ризики, яких він може зазнати. Для підприємства-будівельника контрактна

ціна — це обмеження вартості власних робіт, закупаваних механізмів та обладнання, матеріалів з урахуванням вимог міжнародних та національних нормативних документів, правил класифікаційного товариства та специфікації судна, вартості контрагентських робіт та інших витрат, а також прибутку підприємства. При укладенні контракту купівлі-продажу контрактна ціна в більшості випадків установлюється фіксованою, у зв'язку з чим для підприємства-будівельника великого значення набуває можливість оперативного визначення витрат на короткому етапі опрацювання пропозиції замовника.

Методи прогнозування витрат на створення нових суден розробляються в суднобудуванні вже більше чотирьох десятиліть. Протягом цього часу були досягнуті значні успіхи в розробці методів екстраполяції, кореляції і регресії, аналогії, що ґрунтуються на масивах історичних даних про техніко-конструктивні характеристики і фактичні економічні показники будовання суден.

Точність прогнозу, який є функцією від множин входів та виходів вершин-подій, їх вірогідностей та рівнів реалізації, в значній мірі залежить від інерційності досліджуваного процесу, сталості його параметрів, а також від актуальності використовуваних при прогнозуванні інформаційних даних. У випадку, якщо дані умови не дотримуються, достовірність прогнозу є вкрай низькою. Це, зокрема, стало причиною необхідності актуалізації як вихідної інформації, так і методів прогнозування собівартості будівництва суден після змін, що відбулися останнім часом у світовій економіці.

**ВИСНОВКИ**

Наведений підхід до моделювання змісту проектів розвитку енергетичної галузі за допомогою експертних систем на базі альтернативних стохастичних графів може використовуватись у різних проектах та розв'язує більшість проблем, які виникають на початкових стадіях процесу розробки нової продукції, що допускають альтернативи. Модель дозволяє використовувати не тільки зазначені типи вершин, але й будь-яку комбінацію з логічних входів і виходів.

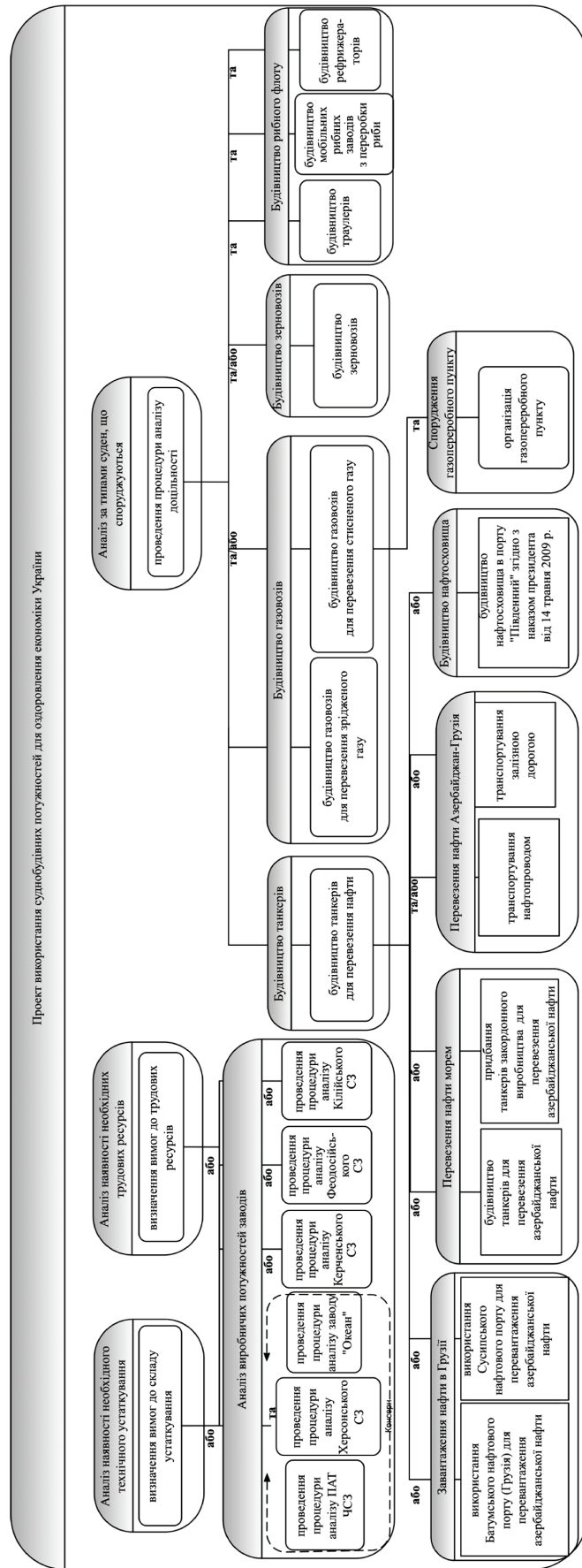


Рис. 2. Альтернативний стохастичний граф напрямку можливого розвитку енергетичної та суднобудівної галузей України

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Автоматизация поискового конструирования: искусственный интеллект в машинном проектировании [Текст] / ред. А. И. Половинкин. — М. : Радио и связь, 1981.
- [2] **Александров, В. Л.** Совершенствование судостроительного производства и повышение его эффективности в новых экономических условиях [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / Александров В. Л. — СПб., 2000.
- [3] **Гамбаров, Г. М.** Статистическое моделирование и прогнозирование [Текст] / Г. М. Гамбаров. — М. : Финансы и статистика, 1990. — 383 с.
- [4] **Гожий, О. П.** Информационная технология генерации альтернативных стохастических графов [Текст] / О. П. Гожий, И. И. Коваленко, Т. В. Пономаренко // Комп'ютерні технології : зб. наук. праць ЧДУ ім. П. Могили. — Миколаїв : ЧДУ, 2006. — № 44. — С. 30–36.
- [5] **Попов, В. В.** Теоретическое творчество: теория, методология, практика [Текст] / В. В. Попов, А. И. Половинкин. — М. : Информсистема, 1995. — 408 с.
- [6] **Сигорский, В. П.** Математический аппарат инженера [Текст] / В. П. Сигорский. — К. : Техника, 1975. — 766 с.

---

© І. І. Коваленко, Т. В. Пономаренко, А. А. Маслов

Надійшла до редколегії 13.07.2012

Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК  
д-р техн. наук, проф. *К. В. Кошкін*

Статтю розміщено у Віснику НУК № 4, 2012