

УДК 681.32

**О.Є. ФЕДОРОВИЧ**

*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Україна*

## НАУКОВІ ДОСЯГНЕННЯ КАФЕДРИ ІНФОРМАЦІЙНИХ УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ

Описано основні наукові напрямки кафедри, пов'язані зі створенням методології логістичного аналізу і управління складними розподіленими технологічними комплексами та проектами їх створення.

### **логістичний аналіз виробництва, управління розподіленими технологічними комплексами, управління наукоємними проектами та програмами**

На кафедрі інформаційних управляючих систем існує наукова школа професора, д-ра техн. наук Е.В. Лисенка та його учня професора, д-ра техн. наук Федоровича О.Є. в напрямку створення системних та інформаційних технологій проектування і управління розвитком виробництва, в межах якої за останні роки підготовлено п'ять докторів та 15 кандидатів наук, видано п'ять монографій та близько 380 наукових публікацій у вітчизняних і зарубіжних виданнях.

Основні наукові напрямки кафедри зосереджені в області створення науково обґрунтованих підходів, математичних методів і моделей управління сучасним виробництвом і включають у себе:

1) створення інформаційних технологій організаційного управління складними соціотехнічними системами;

2) розробка методологічних принципів, методів і математичних моделей логістичного аналізу й управління складними технологічними комплексами;

3) синтез системних та інформаційних технологій управління проектами та програмами зі створення складних аерокосмічних комплексів;

4) розробка методів і моделей управління якістю державних програм розвитку виробництва та проектів створення наукоємних зразків нової техніки;

5) створення та модернізація мереж зв'язку та передачі даних.

Найбільш видатні досягнення кафедри за останні роки полягають у тому, що створені:

- методологія аналізу й синтезу інтегрованих систем управління виробництвом;
- науково-методичне забезпечення системного проектування складних автоматизованих систем;
- методи і моделі аналізу реалізації й управління якістю проектів і програм розвитку виробництва;
- комп'ютерна інформаційна система аналізу, стратегічного планування і управління виробництвом;
- система управління режимами нафтоперегінних станцій;
- автоматизована система електрохімічного захисту магістральних трубопроводів;
- комп'ютерна система підтримки прийняття рішень з управління проектами і програмами розвитку виробництва;
- комп'ютерна система прогнозування надзвичайних ситуацій і планування ліквідації їх наслідків.

У зв'язку з установленням ринкових відносин в Україні в останні роки з'явився й став активно розвиватися новий науково-практичний напрямок - логістика.

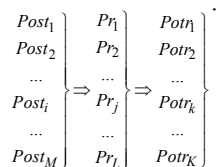
Традиційні функціональні області логістики (транспортування, управління запасами, замовниками й замовленнями, складування, вантажопереробка, упакування й ін.), інтегровані на базі загальної інформаційної платформи, утворюють

стратегічну інноваційну систему. У зв'язку із цим виникають нові досить складні задачі побудови логістичної виробничої системи (ЛВС) як засобу підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств. Створення ЛВС у промисловості вимагає вирішення цілого ряду таких науково-практичних задач:

- розробка підходів і методів для логістичного аналізу підприємств і задач планування й управління;

- створення моделей і методів для обґрунтування побудови автоматизованої системи управління (АСУ) сучасним підприємством.

Запропоновано підхід, оснований на узагальненому поданні виробничої системи у вигляді логістичного ланцюга, що складається із трьох основних ланок: постачальники (*Post*), виробники продукції (*Pr*), споживачі продукції (*Potr*). Між зазначеними ланками існують відносини порядку, наприклад  $Post < Pr < Potr$ , що забезпечує інтеграцію елементів логістичного ланцюга (ЛЛЛ):



Запропоновано горизонтальну декомпозицію логістичного виробничого ланцюга, що дозволила сформулювати цілий ряд часткових задач аналізу й синтезу ЛЛЛ. Проведено вертикальну декомпозицію виробничої системи, в основу якої покладено принцип подання сучасного виробництва в цілому або його фрагментів, у вигляді функціональної й забезпечуючої частин, що дає можливість побудувати задачу аналізу можливих альтернатив функціональних і забезпечуючих частин ЛВС на основі її теоретико-множинного подання.

Проведено аналіз виробництва "поставка-виробництво-збут" під управлінням Канбан-системи, що дозволяє визначити мінімальне число заявок, які гарантують її задану надійність

постачання. Отримано розподіл імовірностей для стаціонарного випадку, звідки знайдено ймовірність наявності незадоволеного попиту і математичне сподівання обсягу запасу в накопичувачі.

Показано, що час обробки  $T_{\Sigma}$  елемента матеріального потоку в ЛЛЛ із  $n$  однаковими ланками (ЛЛЛЛ) має щільність розподілу

$$f(t) = \frac{c(ct)^{n-1}}{(n-1)!} \cdot e^{-ct}, \text{ функція розподілу}$$

$$F(t) = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{(ct)^{(i-1)}}{(i-1)!} e^{-ct}, \quad c = \mu(1-\rho), \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

У випадку різних ланок ( $T_i \neq T_j, i, j = \overline{1, n}$ ) отримано вираз

$$f(t) = (-1)^{(n-1)} \cdot \prod_{i=1}^n c_i \cdot \sum_{j=1}^n \frac{e^{-c_j t}}{\prod_{\substack{h=1 \\ h \neq j}}^n (c_j - c_h)}$$

Для вирішення задач аналізу ЛВС і синтезу АСУ побудовано системну логістичну модель, за допомогою якої обґрунтовані основні етапи проектування АСУ.

На основі генетичного алгоритму виробляється вибір варіантів побудови структури АСУ. Топологія АСУ аналізується за критеріями надійності й вартості з використанням відповідних оцінок. Розглянуто випадки однокритерійної (за вартістю каналів зв'язку й надійності системи) і двокритерійної оптимізації. В обох випадках підхід визначення раціональної топології подається у вигляді процедури послідовного відбору й поліпшення початкового варіанта.

Для прийняття якісних та обґрунтованих рішень на диспетчерському рівні управління розподіленим технологічним комплексом (РТК) найчастіше необхідно враховувати значну кількість як зовнішніх, так і внутрішніх факторів, що прямо або посередньо впливають на об'єкт управління.

Одержано знанняорієнтовану модель диспетчерського управління складними технологічними об'єктами, яка оснований на поданні знань про предметну галузь у формі функціональних блоків для отримання та обробки

необхідної інформації, що дозволяє оперативно і якісно керувати магістральним трубопровідним комплексом. Використання бібліотеки розроблених типових функціональних блоків дозволяє формалізувати задачі прийняття рішень у термінах диспетчерського управління магістральним трубопровідним комплексом.

Кожен типовий інтелектуальний елемент являє собою деякий функціональний блок з множиною виходів  $\{IN\}$  і множиною виходів  $\{OUT\}$ .

Уся множина типових інтелектуальних блоків використовується при побудові функціональної знанняорієнтованої моделі.

Блоки застосовують для організації розгалуження моделі шляхом поділу всієї множини об'єктів на певні класи. У випадку, коли можливо явне завдання правил класифікації, використовують блок «класифікувати за правилами». Поведінка блока описується множиною продукційних правил класифікації  $\{Pr\}$ . При цьому множина  $\{Pr\}$  має складати так звану повну групу, тобто охоплювати всю множину  $\{S\}$  можливих ситуацій. Кількість елементів множини  $\{Pr\}$  визначає кількість виходів функціонального блока. Кожне окреме правило класифікації безпосередньо пов'язане з одним і тільки одним виходом функціонального блока. При цьому  $i$ -те продукційне правило класифікації відповідає  $i$ -му виходу блока. Правила при цьому є взаємовиключними, тобто у певний момент часу лише одне правило з множини  $\{Pr\}$  може виконатися, і, відповідно, активним може виявитися лише один вихід блока.

Для формалізації подання знань використано гібридну продукційно-фреймову модель, у якій структурний аспект знань про РТК описується у вигляді фреймової ієрархії, а поведінковий аспект, що характеризує динаміку функціонування об'єктів і процесів РТК, поданий продукційними системами прямого та зворотного виведення, згрупованими навколо відповідних слотів фреймів і функціональних блоків.

Розроблені продукційні моделі знань для вирішення основних задач управління процесами електрохімічного захисту газопроводів від корозії.

Однією з характерних особливостей великих підприємств та об'єднань (аерокосмічної галузі, газо- і нафтовидобутку, транспортно-логістичного комплексу і т.д.) є територіально розподілений виробничий цикл. Це призводить до виникнення складних для планування задач транспортно-логістичного обслуговування (ТО) розподілених технологічних комплексів (РТК).

Планування ТО РТК необхідно здійснювати з урахуванням сучасних вимог транспортної логістики, що враховує бізнес-процеси, які пов'язані з доставкою вантажів та обслуговуванням РТК. В існуючих методах маршрутизації транспортних засобів, основаних на відомих алгоритмах (наприклад, на алгоритмі Дейкстри), не враховуються особливості, реальні умови і обмеження, пов'язані з ТО РТК.

Проведено структурний аналіз РТК на основі використання методів теорії перерахування та комбінаторного аналізу. Різноманітність технологічних процесів, що проходять у РТК, вимоги своєчасного обслуговування приводять до численних можливих структур і схем вантажопотоків транспортно-логістичного обслуговування РТК.

Досліджуються структури РТК у вигляді топологічного уявлення ТМ РТК. Визначено комбінаторно-групові властивості основних типів ТМ РТК, за допомогою яких можна перелічити всі можливі варіанти структур РТК: одновимірний (послідовний) транспортний зв'язок; матрична структура; магістральний зв'язок; радіальний, кільцевий зв'язки та ін. Наприклад, для змішаної радіально-кільцевої топології транспортних зв'язків комбінаторно-групові властивості графа  $G$  структури РТК описуються у вигляді групи підстановок вершин графа

$$\Gamma(G) = D_p[S_1 + S_{p'}]$$

де  $D_p$  – дієдральна група ступеня  $p'$ ;  $p'$  – число окремих систем РТК;  $p''$  – число підсистем, що входять до складу систем РТК.

Побудовано методи автоматизованого формування варіантів структур ТО РТК з урахуванням підрахованих варіантів. Метод оснований на використанні твірних функцій (енумераторів) і введеного в роботу лексикографічного упорядкування варіантів. Для підрахунку варіантів структур ТС РТК граф  $G$  структури у вигляді матриці суміжності подається за допомогою лексикографічного впорядкованого списку. Отримане подання використовується для розпізнавання ізоморфізмів позначених графів структур РТК.

Розроблено метод планування перевезень, оснований на імітаційному моделюванні, в якому враховуються основні критерії транспортного обслуговування РТК – час доставки вантажів і вартість перевезень.

Запропоновано поетапний підхід для вирішення задачі планування ТО РТК. На першому етапі формується портфель замовлень щодо введення в експлуатацію нових технологічних об'єктів РТК.

На другому етапі (маршрутизація) проводиться пошук раціональних маршрутів, що задовольняють заданий набір умов і обмежень. Для маршрутизації розроблено оригінальний метод, оснований на імітаційному моделюванні й розповсюдженні «числових хвиль» у транспортній мережі РТК.

Створено знанняорієнтовану модель РТК, основу на ієрархічній структурі фреймів, у якій відображені всі характеристики транспортних засобів і транспортної системи РТК. Отриману структуру використовують для імітаційного моделювання РТК.

Створено методологічні основи ризик-орієнтованого підходу до управління ресурсами проектів і програм розвитку техніки.

У зв'язку з переходом України до системи ринкових відносин розвиток країни з основних питань життєдіяльності відбувається відповідно до системи державних цільових програм і проектів й програм розвитку техніки (ППРТ) галузевого та державного рівня.

Однією з основних проблем при формуванні й управлінні реалізацією ППРТ є низький рівень обґрунтованості необхідних фінансових та інших видів забезпечуючих ресурсів, а також строків реалізації проектів. Складність цієї проблеми обумовлена, у першу чергу, специфікою інноваційних проектів і програм розвитку техніки, що мають досить високий рівень новизни й складності, а отже, і високий ризик досягнення заданих показників якості.

Одержано системний сценарій використання ризик-орієнтованого підходу до управління ресурсами проектів і програм, який оснований на системній структуризації мережі процесів створення нової техніки, що на відміну від існуючих урахує вплив проявлення множини зовнішніх і внутрішніх ризиків для обґрунтування ресурсів, шляхом спільного моделювання проектних дій і дій, спрямованих на усунення наслідків проявлення ризику, що забезпечує стійкість проектів, які виконуються.

Створено метод формування структури страхових запасів проекту, який ґрунтується на аналізі життєвого циклу і універсальності ресурсів; оцінці інтенсивності проявлення множини проектних ризиків; урахуванні стану й витрат на зберігання забезпечуючих ресурсів, що дозволяє проводити обґрунтовану політику управління ресурсним забезпеченням проектів і програм розвитку техніки.

Оцінка реалізованості проектів припускає оцінку мінімального обсягу ресурсів, що забезпечують з позицій необхідної якості ( $W_{\text{якість}}$ ), виділених обсягів фінансування ( $W_{\text{ф}}$ ), досвіду виконавців ( $W_{\text{досвід}}$ ) та інших факторів, які визначаються рівнем планування проекту або програми.

Оцінка стійкості комплексу робіт проекту визначається виразом

$$U_j^{KP} = f \left( \frac{\sum_i^N R_i^{\min, j} + \sum_q^Q R_q^{\text{смп\_наве, j}}}{\sum_i^N R_i^{\min, j} + \sum_q^Q R_q^{\text{смп\_max, j}}} \right),$$

де  $R_i^{\min, j}$  – мінімально достатній обсяг  $j$ -го ресурсу для множини робіт  $i = \overline{1, N}$ ,  $N$  – кількість робіт, що входять у розглянутий комплекс;

$R_q^{\text{стр}_q}_{\text{наєв}, j}$  – наявний обсяг страхових запасів  $j$ -го ресурсу для множини робіт  $q = \overline{1, Q}$ , де  $Q$  – кількість робіт, що виконуються для відбивання наслідків факторів ризику, де використовується  $j$ -й ресурс;

$R_q^{\text{стр}_q}_{\text{max}, j}$  – максимальний обсяг страхових запасів  $j$ -го ресурсу для множини робіт  $q = \overline{1, Q}$ , розрахований з урахуванням заданих ризиків.

Оцінка науково-технічного ефекту проектів і програм ґрунтується на зіставленні витрат на досягнення поставлених цілей і ефекту від їхньої реалізації. Оцінка даного виду ефекту розглянута на прикладі Загальнодержавної (Національної) космічної програми України (З(Н)КПУ). Наприклад, науково-технічний ефект З(Н)КПУ може бути розрахований у такий спосіб:

$$C_{pr} < U_s + D,$$

де  $C_{pr}$  – вартість програми;  $U_s$  – витрати на створення умов й інструментальної бази для проведення експерименту на Землі;  $D$  – витрати на безпосереднє здійснення експерименту в наземних умовах.

Розроблено інтегровану комп'ютерну систему управління проектами (КСУП). Інтегрована КСУП поєднує в собі технології програмного забезпечення, мережні технології, електронні бази даних і знань і корпоративні системи документообігу, які працюють в єдиному інформаційному просторі. Створені методологічні основи системного аналізу якості проектів і програм розвитку виробництва.

Розроблено схему управління якістю, основою якого є функції управління за Фалмером: планування, виконання, контроль. Утворюються два контури управління: перший - при оцінці якості програми на етапі планування, другий – при вимірі і контролі, тобто моніторингу якості на етапах виконання. У результаті якість програми пропонується розглядати з двох боків: як якість

об'єкта і як якість процесу розробки. На етапах планування і виконання виділяються такі показники якості: реалізованість вимог, можливість виконання робіт, якість продукту або праці, можливість виконання програми, що визначається як ступінь досягнення мети. Ці показники враховують структурно-системні аспекти подання програми, обрії планування і послідовність життєвого циклу проекту.

Для оцінки якості складних проектів і програм за виділеними показниками створено методологію оцінки якості, що містить систему методів одержання значень показників, які адекватно відображають якість формування і процесу виконання програми. Одержувані оцінки якості є основою для прийняття раціональних рішень при управлінні складними проектами і програмами.

Протягом життєвого циклу розробки складного технічного зразка складові оцінки якості результатів ( $R_r$ ) отримані на основі аналізу якості процесів і відповідних показників реалізованості ( $W$ ):

$$\{W^k, W^p, W^o\} \rightarrow \{R_r^k, R_r^p, R_r^o\}.$$

Тут  $W^k$  – реалізованість функцій, техніко-економічних показників, технічних вимог;  $W^p$  – реалізованість технічних характеристик;  $W^o$  – реалізованість функцій з технічними характеристиками дослідного зразка;  $R_r^p$  – якість об'єкта після уточнення технічних характеристик з урахуванням відповідності технічним вимогам;  $R_r^o$  – якість об'єкта як результат розробки дослідного зразка, його випробувань;  $R_r^k$  – якість об'єкта як результат процесу дослідження тенденцій науково-технічного прогресу, обліку ресурсних та інших обмежень.

Запропоновано загальну схему системного оцінювання якості, в якій враховуються особливості обріїв планування, суб'єкти розробки, виділені показники якості. Розроблено процедуру одержання узагальнених показників якості при плануванні, часткових показників якості при виконанні, їхньої агрегації і корекції планових оцінок. Схема замикається в два контури, що відповідають контурам управління проектами.

З урахуванням системних аспектів подання програми і основних показників якості виділені задачі оцінювання якості, що вирішуються при плануванні і виконанні програми.

Для цих задач побудовані кваліметричні моделі, на основі яких розроблені системні методики одержання показників якості. На основі чотирикомпонентної моделі сформована система оцінки для задачі одержання прогнозованих оцінок можливості виконання програми

$$S1 = \{Ob\{r_1\}, Sb, B, Al\langle\Theta(sc, int), L, K(exp, evr, nech)\rangle\}.$$

Система оцінки і модель для задачі аналізу реалізованості функціональних і технічних вимог щодо складових елементів програми

$$S2 = \{Ob\{r_2\}, Sb, B(exp, an), Al\langle\Theta, L, K, O\rangle\},$$

$$Mod2 = \{Sb\{r_2\} \rightarrow Al\langle\Theta(cl):K(mat) \rightarrow B(an'), \Theta(sc):K(tax) \rightarrow \Theta(cl), K(evr):O(Se) \rightarrow \Theta(cl), K(tax):B(an') \rightarrow K(nech):O(Se)\rangle\}.$$

Тут уведена нова операція – класифікація  $\Theta(cl)$ , додаються математичні і таксонометричні методи  $K(mat, tax)$ , формується база аналогів  $B(an')$ .

Розроблено загальну схему системної методики оцінювання виконавців проекту. Методика застосовується на середньостроковому і річному рівнях планування. Результатом є показник якості як можливість виконання робіт. Він визначається узагальненою мірою недоліків підприємства, виражається кількісно – обсягом засобів, необхідних для доведення підприємства до необхідного рівня. Використання комп'ютерної системи оцінки якості проектів і програм проілюстровано на прикладі аналізу Державної програми розвитку озброєння і військової техніки. Наведено результати експертного оцінювання коректності вихідних даних, виділення множини близьких аналогів, експрес-аналізу можливостей підприємства, а також оцінювання можливості виконання річного оборонного замовлення. Проведено аналіз якості Програми реструктуризації залізничного транспорту України (системи комплексного транспортно-експедиційного обслуговування). Тут якість визначалася за такими показниками: реалізованість прогнозованого обсягу перевезень, можливість забезпечення рекламної діяльності, ризику

незбереження перевезення і порушення термінів доставки.

## Література

1. Информационные технологии организационного управления сложными социотехническими системами / О.Е. Федорович, Н.В. Нечипорук, Е.А. Дружинин, А.В. Прохоров. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2004. – 295 с.
2. Федорович О.Е., Нечипорук Н.В., Прохоров А.В. Методы и модели принятия решений при управлении сложными производственными комплексами. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2005. – 235 с.
3. Федорович О.Е., Западня К.О., Прокопенко Т.Ф. Модели анализа распределенных технологических комплексов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 65 с.
4. Попов В.О. Імовірнісні моделі промислової логістики – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 190 с.
5. Федорович О.Е., Попов А.В., Горлов Д.А. Проектирование логистических информационных систем для промышленных предприятий. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 88 с.
6. Федорович О.Є., Прохоров О.В., Головань К.В. Системи обробки інформації і управління розподіленими виробництвами. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 236 с.
7. Федорович О.Е., Малеева О.В., Нечипорук Н.В. Вероятностно-статистические методы в информационных управляющих системах. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2005. – 202 с.
8. Системные технологии в управлении проектами / О.Е. Федорович, Е.А. Дружинин, Е.С. Яшина, М.С. Мазорчук. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2001. – 91 с.

Надійшла до редакції 16.03.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Ю. Соколов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАИ», г. Харків.