

DOI: 10.15276/ETR.03.2022.5
 DOI: 10.5281/zenodo.7675697
 UDC: 004.891:338.45
 JEL: P000

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ НА ЕТАПАХ ПРИЙНЯТТЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ СТВОРЕННІ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

APPLICATION OF EXPERT SYSTEMS AT THE STAGES OF DESIGN DECISION MAKING IN THE CREATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Vitaliy I. Zakharchenko, DEcon, Professor
 Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
 ORCID: 0000-0003-2903-2471
 Email: kafedra.info@mzeid.in

Svitlana V. Oneshko, PhD in Economics, Associate Professor
 Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine
 ORCID: 0000-0003-2313-3984
 Email: osvfox1@gmail.com

Received 17.05.2022

Захарченко В.І., Онешко С.В. Застосування експертних систем на етапах прийняття проектних рішень при створенні організаційно-технологічних систем. Науково-методична стаття.

У статті відображено підхід до проектування сучасних організаційно-технологічних систем у промисловому виробництві на принципах загальної теорії систем і системного аналізу, структурного моделювання проєктів нововведень у високотехнологічному виробництві. Завдання намагаємося вирішити за умов повноти й суперечливості інформації. Розглянуто формалізацію методів прийняття рішень про оптимізацію побудови організаційно-технологічних систем, які реалізуються із застосуванням експертних систем. Проектування таких систем уявляється як процес прийняття управлінських рішень, які спрямовані на отримання задовільного технічному завданню результату з визначеним ступенем деталізації проєкту у промисловому виробництві. Перетворення вихідного опису у кінцевий породжує декомпозицію вихідного опису у набір проміжних описів для прийняття проміжних проєктних рішень. Прийняття рішення у більшості випадків полягає в генерації можливих альтернативних рішень, їх оцінці та виборі найкращої альтернативи. У таких випадках для подолання невизначеності необхідною є суб'єктивна оцінка спеціаліста. Така суб'єктивна оцінка є сьогодні єдиною можливою основою об'єднання різномірних параметрів проблеми, що вирішується у високотехнологічному виробництві через єдину модель, яка дозволяє оцінити варіанти рішень. Тому очевидна необхідність використання формалізованих методів прийняття рішень. Експертні системи, що використовують евристичні знання, застосовуються у тих випадках, коли сформулювати рішення завдання у традиційних математичних термінах неможливо.

Ключові слова: система, рішення, модель, проектування, зв'язок, проєкт, оптимізація, експерт

Zakharchenko V.I., Oneshko S.V. Application of expert systems at the stages of design decision making in the creation of organizational and technological systems. Scientific and methodical article.

The article reflects the approach to the design of modern organizational and technological systems in industrial production on the principles of general systems theory and systems analysis, structural modeling of innovation projects in high-tech production. We try to solve the problem in conditions of completeness and inconsistency of information. The formalization of decision-making methods for optimizing the construction of organizational and technological systems, which are implemented using expert systems, is considered. The design of such systems is presented as a process of making managerial decisions that are aimed at obtaining a satisfactory technical task with a certain degree of detail of the project in industrial production. Transforming the original description into the final one creates the decomposition of the original description into a set of intermediate descriptions for making intermediate design decisions. Decision-making in most cases is to generate possible alternatives to decisions, evaluate them and choose the best alternative. In such cases, the subjective assessment of a specialist is necessary to overcome the uncertainty. Such a subjective assessment is today the only possible basis for combining disparate parameters of the problem, which is solved in high-tech production through a single model that allows you to evaluate solutions. Therefore, the need to use formalized decision-making methods is obvious. Expert systems that use heuristic knowledge are used in cases where it is impossible to formulate a solution to the problem in traditional mathematical terms.

Keywords: system, solution, model, design, communication, project, optimization, expert

Національною економічною стратегією на період до 2030 р. визначено такі шляхи досягнення позитивного розвитку промисловості: (1) стимулювання залучення інвестицій, (2) покращення доступу до фінансів, (3) впровадження Індустрії 4.0, (4) сприяння регіональному розвитку, (5) розвиток індустріальних парків, (6) впровадження інноваційних технологій, (7) розвиток українського машинобудування, (8) розвиток оборонно-промислового комплексу [1, с. 20]. Це передбачається реалізувати за рахунок здійснення Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030р., метою якої є розбудова національної економіки для забезпечення швидкого та якісного перетворення креативних ідей в інноваційні продукти та послуги [2, с. 9]. Уряд країни впевнений, що «... промисловість зможе бути рушієм прискорення економічного розвитку та якісних змін у структурі економіки лише після суттєвої модернізації, виправлення ситуації із зношеністю основних фондів на більше ніж 80% та впровадження новачій і переходу до виробництва конкурентоспроможних продуктів з високою часткою доданої вартості» [2, с. 9]. Проектування сучасних організаційно-технологічних систем (ОТС) – складний процес, у якому знаходять відображення принципи дії загальної теорії систем [3], системного аналізу [4], складних техніко-технологічних систем [5, 6], схеми й конструкції технологій виготовлення високотехнологічної продукції. Для знаходження найоптимальнішого вирішення завдання потрібно використовувати процедури математичного моделювання та оптимізації, тобто конструкція

ОТС піддається системним дослідженням з погляду відповідності її параметрів заданим технічним вимогам. Найчастіше вирішувати такі завдання доводиться при неповних і суперечливих відомостях. Відсутність формальної організації в інформаційному просторі призводить до низької ефективності пошуку необхідних для користувача фактичних відомостей. Ця інформація, що допомагає приймати рішення, є різнорівною та отримується з різних джерел.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Під час проведення даного дослідження були проаналізовані праці таких фахівців: О. Волошин та С. Машенко [7], Л. Волошук [8], Н. Гайдукова [9], Г. Дорошук [10], С. Єрмак [11], С. Ілляшенко та О. Біловодська [12], С. Лобунська [13], Ю. Лисенко [14], В. Новосад, Р. Селіверстов, І. Артим [15], Т. Прокопенко [16], С. Філіппова [17], В. Хубка [6], С. Шкарлет [18], А. Яковлев [19; 20].

У своїх дослідженнях, ми – економісти, використовуємо багато таких понять, як наприклад, «життєвий цикл», «кумулятивний ефект», «механізм», «інструмент», з інших наук – технічних, біології, медицини тощо. У даному матеріалі також, використовуючи мову інженерії, будемо досліджувати процес конструювання й проектування ОТС у промисловому виробництві. Т. Прокопенко, аналізуючи процес формування теорії систем і системології, визначає: «Виникнення і поширення системного підходу зумовлено кризою елементаризму і механіцизму у зв'язку з ускладненням завдань науки і практики. Системний підхід розвиває і конкретизує такі категорії діалектики, як зв'язок, відношення, зміст і форма, частина і ціле та ін.» [16, с. 12]. Н. Гайдукова при аналізі підходів та методів методологічного формування портфеля проектів наголошує: «... основна особливість системного підходу полягає в поєднанні формальних методів і неформалізованого експертного знання. Системний підхід відіграє чільну роль в процесі планування, управління, виробленні та прийнятті управлінських рішень» [9, с. 24]. В. Хубка зауважує: «Кожна система, її елементи та відношення володіють якостями, які притаманні цієї системі та точно її визначаючи, як за розміром, масою, швидкістю, транспортабельністю та особливо здібністю що-небудь робити, тобто функціонувати [6]. Тут необхідно додати відносно термінології у цієї сфері. У обчисленні предикатів за якостями пов'язані відповідні однозначні предикати. У мові предикати використовуються для опису якостей. У філософії суттєві якості називаються атрибутами. Для характеристики суттєвих якостей ОТС слід використовувати поняття «параметр», яке у визначеному відношенні розкриває функцію відповідного об'єкта.

Враховуючи предмет даного дослідження, необхідно зазначити про такий важливий інструмент в управлінні сучасним підприємством,

як експертні технології. Так, В. Новосад з колегами визначає: «Роль експертних методів набуває особливого значення в період нестабільного розвитку соціальних, економічних та інших процесів» [15, с. 3].

У процесі реалізації інноваційної моделі розвитку національної економіки [1; 2] різні фахівці під різним кутом бачать окремі її елементи. Так, С. Філіппова технологічне оновлення інноваційно-орієнтованих підприємств бачить через обґрунтований процес інвестиційного забезпечення [17, с. 7]. А. Яковлев робить висновок: «Інновації – це позитивний результат науково-дослідної діяльності, реалізований у формі продукту, який має споживчу новизну ...» [19, с. 176]. С. Ілляшенко та О. Біловодська наполягають, «... що успіх інноваційної діяльності значною мірою залежить від її організаційного забезпечення» [12, с. 124]. С. Єрмак досліджує інклюзивний розвиток підприємств в контексті функціонування інноваційних екосистем різних ієрархічних рівнів на основі інклюзивної бізнес-моделі, що, з її точки зору, принесе користь громадянам з низьким рівнем доходу [11, с. 352-353]. Г. Дорошук наголошує, що організаційний розвиток підприємства повинен базуватися на управлінні змінами – їх плановості, науковій обґрунтованості, системності, організаційних цінностей і культури, методик, процедур, технологій, форм реалізації, критеріїв ефективності [10, с. 174]. Л. Волошук бачить розвиток інноваційного промислового підприємства з урахуванням чинника економічної безпеки, застосовуючи комплекс підходів і моделей [8, с. 290]. Таку точку зору підтримує С. Лобунська [13] та С. Шкарлет [18].

Метою статті є формування методичного підходу до прийняття науково обґрунтованих рішень під час проектування організаційно-технологічних систем, що реалізуються з використанням експертних систем.

Викладення основного матеріалу дослідження

Оптимізацію конструкції ОТС зазвичай зводять до знаходження з безлічі переглянутих варіантів деякого, що забезпечує виконання поставленого завдання з максимальною ефективністю при мінімумі витрат. Вирішення цього завдання з метою його оптимізації можливо за допомогою використання наукових методів, що базуються на математичних методах оптимізації, теорії ймовірності та статистики. Наразі персональні комп'ютери дозволяють вивчати поведінку системи за допомогою кількісних показників. «До того ж можливості сучасної комп'ютерної техніки породжують спокусу застосувати експертні системи для автоматизованого прийняття рішень під час вирішення складних багатопараметричних завдань» [15, с. 17]. При цьому «Немає також і практичних рекомендацій щодо оптимального відбору експертів та експертного методу в конкретній ситуації для вирішення конкретної проблеми» [15,

с. 28]. Експертні методи, як неформальні методи системного аналізу, «... є досить суперечливими. З одного боку, вони допомагають знайти нові шляхи вирішення проблеми, що не містяться у формальній моделі, і таким чином, дозволяють безперервно розвивати модель і процес прийняття рішення, з іншого боку, вони можуть бути джерелом протиріч (виходячи з думок і суджень експертів), які іноді важко вирішити» [9, с. 33].

Розглянемо формалізацію методів прийняття рішень під час проектування ОТС, реалізованих із застосуванням експертних систем. Фахівці визначають останнє таким чином: «Експертна система (ЕС) – це програмний продукт, що дає змогу імітувати творчу діяльність чи підсилувати інтелектуальні можливості фахівця-експерта в частині вибору рішення в конкретній предметній області, використовуючи в основному евристичні знання фахівців, накопичений раніше досвід» [16].

Формалізацію методів прийняття рішень проведемо у двох аспектах: (1) проектування з точки зору прийняття рішень та (2) експертних систем у проектуванні ОТС.

1. Проектування з точки зору прийняття рішень. Проектування будь-якого організаційно-технологічного об'єкта на персональному

комп'ютері безпосередньо пов'язано зі створенням, перетворенням та поданням у електронній формі образу цього об'єкта. Перетворення вихідного опису на остаточне породжує декомпозицію вихідного опису в набір проміжних описів для прийняття проміжних проектних рішень. Такі рішення є предметом розгляду з метою ухвалення висновку про закінчення проектування або вибір шляхів його продовження [19, с. 47].

З точки зору теорії прийняття рішень проектування представляється як процес прийняття проектно-конструкторських рішень, спрямований на отримання задовільного опису ОТС, що відповідає технологічному завданню.

Для успішного проектування ОТС необхідна наявність персоналу (проектувальників та експертів), технічного ресурсу (апаратури для проектування), документації та технічних вимог до моделі системи (рис. 1).

Процес проектування ОТС базується на трьох складових: управління, виконання та контроль (рис. 2).

Структура процесу керування виконанням проектування наведена на рис. 3.



Рисунок 1. Визначення основної моделі ОТС
Джерело: власна розробка авторів

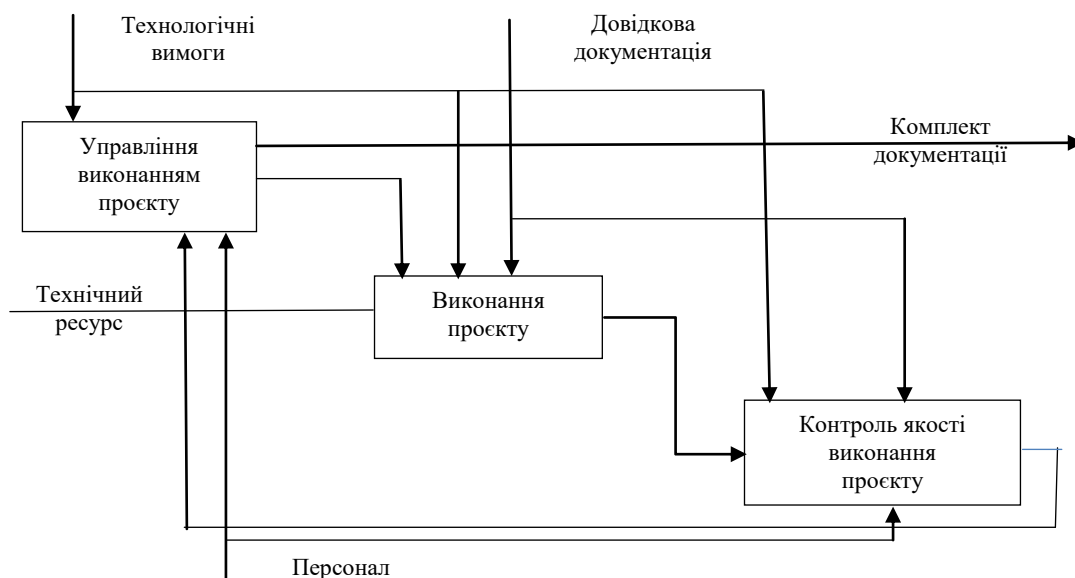


Рисунок 2. Основні блоки моделі створення ОТС
Джерело: власна розробка авторів

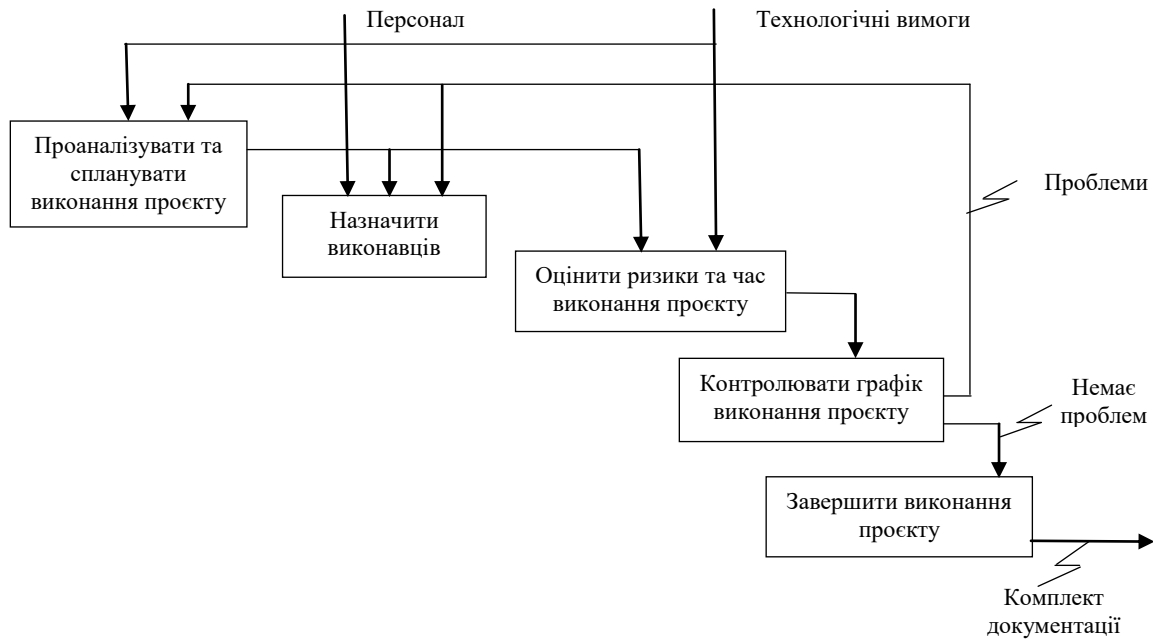


Рисунок 3. Блоки системи управління проєктом створення ОТС

Джерело: власна розробка авторів

У загальному випадку ОТС є технологічною системою S , у якій безліч елементів G , які об'єднані безлічно зв'язків R за певними принципами Π , тобто:

$$S = \{G, R, \Pi\};$$

$$R = \{V, P\}, \quad (1)$$

де V – схема зв'язків,
 P – параметри зв'язків.

Оскільки всередині ОТС існують різного роду відносини, можна умовно виділити кілька

підсистем, елементи яких пов'язані між собою одним видом рішень:

- економічна підсистема $S_{ек}$;
- просторова підсистема $S_{пр}$;
- підсистема персоналу $S_{пер}$;
- техніко-технологічна підсистема $S_{тех}$.

Таким чином, для ОТС отримуємо:

$$S = \{S_{ек}, S_{пр}, S_{пер}, S_{тех}\}. \quad (2)$$

Можливо сказати, що виконання проєкту є послідовним процесом проєктування чотирьох основних підсистем ОТС (рис. 4).

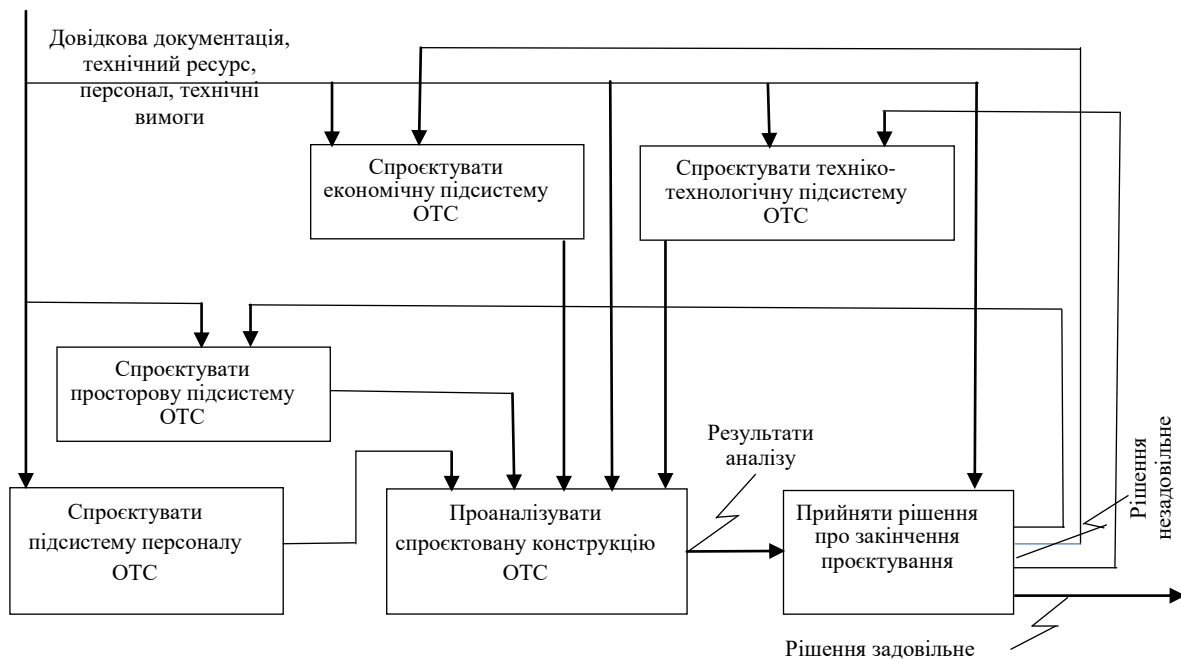


Рисунок 4. Блок процесу виконання проєкту створення ОТС

Джерело: власна розробка авторів

На кожному етапі проектування необхідно аналізувати отриманий результат і приймати рішення, чи він відповідає вимогам технічного завдання.

На ранній стадії проекту реалізації ОТС щодо конкретних характеристик високотехнологічного виробу приймаються науково обгрунтовані рішення, які засновані на евристичних міркуваннях з урахуванням неповних знань про вплив на досягнення результативності. На останній стадії проект створення ОТС необхідно аналізувати та оцінювати за визначеною специфікацією. Якщо кінцева мета не досягається, то проектні рішення мають бути відповідним обгрунтованим чином скориговані.

До цього часу комп'ютерне проектування досягло найбільших успіхів переважно у рутинних завданнях розробки проектної документації й у складних інженерних розрахунках, де потрібна висока продуктивність стандартних обчислень. Перспективи маємо там, де проектна інформація має бути отримана шляхом лабораторних вимірів або за допомогою розробки експериментального зразка. Саме для таких процесів характерні висока частка логістичних і матеріальних витрат проектування ОТС та порівняно низький рівень комп'ютеризації робіт. Можливо, що така нерівномірність комп'ютеризації пов'язана з поступовим накопиченням інжинірингового та управлінського досвіду та знань у сучасних комп'ютерних системах проектування. При цьому діапазон накопичення практичних знань робить актуальним завдання створення ОТС з оптимальними методами зберігання та аналізу накопичених експертних знань для отримання нових експертних оцінок на основі відомої інформації. Тому подальший інтенсивний розвиток систем комп'ютеризації проектування ОТС буде націлено на посилення уваги до створення не тільки комп'ютерних аналогів таких систем, але й створення комплексів прийняття управлінських рішень, здатних допомогти менеджерам у процесі оптимізації процесу конструювання ОТС.

2. Експертні системи у проектуванні ОТС. Прийняття рішення здебільшого полягає у генерації можливих альтернативних рішень, їх оцінці та виборі кращого рішення. При цьому «Постає проблема побудови множини альтернатив – варіантів дій, направлених на досягнення мети. Тут, у першу чергу, виникає проблема побудови «повного списку» альтернатив. Можлива ситуація, коли не включення певної альтернативи призведе до неможливості розв'язання задачі або до її «неякісного» розв'язання. Як правило, оцінки альтернатив мають суб'єктивний характер, вони отримуються на основі обробки експертної інформації. Остання принципова складність (але не остання за значенням) – вибір принципу порівняння альтернатив і на його основі – принципу оптимальності. Якщо на попередньому етапі визначені числові оцінки альтернатив, то вибір принципу оптимальності зводиться до

вибору критерію (критеріїв) оптимізації, який максимально відповідає меті загальної задачі прийняття рішень» [7, с. 6-7]. Тому постає необхідність використання формалізованих способів прийняття рішень, що є надзвичайно складним завданням та може бути вирішено за допомогою комп'ютерної техніки.

Збільшення достовірного обсягу інформації, що надходить проектувальникам, ускладнення поставлених завдань, необхідність обліку значної частини взаємозалежних чинників і вимог, що швидко змінюються, до спроектованої ОТС вимагають використовувати комп'ютерну техніку у процесі прийняття оптимальних рішень. Такі цілеспрямовані системи, які спрямовані на вирішення управлінських завдань, в яких домінують якісні оцінки створення ОТС, вирішують цілий клас проблем (генерують можливі варіанти управлінських рішень, оцінюють ці варіанти та вибирають найкращий, оцінюють відповідність виконання прийнятих організаційно-економічних рішень наміченим цілям тощо).

При проектуванні ОТС без застосування комп'ютерної техніки в тих випадках, коли є можливість синтезувати оптимальні проектні рішення, їх синтезують, але в окремих випадках, наприклад, під час перекомпонування автоматичної лінії або побудови гнучкої виробничої системи, як правило, вибирають перше припустиме рішення, яке задовольняє всім обмеженням і досить непогане з погляду проектувальника систем у високотехнологічному виробництві.

Досвід експертів-проектвальників, на основі яких формуються науково обгрунтовані рішення, доступний лише у формі висловлювань. Така ситуація передбачає наявність певної підготовки користувача до роботи з нормативно-довідковим середовищем, що склалося, і використання спеціалізованої термінології.

Завдяки накопиченому за багато десятиліть практичному досвіду проектування з параметризованих графічних образів з відповідними правилами прийняття рішень склалася деяка форма представлення знань з проектування об'єктів машинобудування, яка вже випробувана фахівцями у високотехнологічній промисловості [8, с. 247]. Квінтесенція цього досвіду знайшла своє відображення у галузевих стандартах та довідниках. У цих матеріалах у явному вигляді відсутні алгоритми та немає готових рецептів вирішення задач систем підтримки прийняття рішення через слабкі сигнали [14, с. 20]. Можливі багатоваріантні рішення, критерії їх оцінки далеко неоднозначні – користувач приймає рішення залежно від свого досвіду, знань і переваг. У цьому складність створюваних ОТС постійно зростає.

Сучасна експертна система, використовуючи знання й досвід, які отримані від фахівців у даній предметній галузі, вирішує ті ж проблеми, експертами з вирішення яких є ці фахівці. Експертні системи, використовуючи евристичні

знання, застосовуються у тих випадках, коли сформулювати рішення практичного завдання у традиційних математичних термінах не вдається. Основною особливістю сучасної експертної системи є можливість робити висновки з урахуванням знань, які є у базах знань. Обсяг знання в експертних системах може бути представлений у вигляді семантичних мереж, на основі існуючих логічних підходів, у вигляді фреймів та у вигляді системних продуктів. Система продуктів – одне з найпопулярніших форм представлення знань. Така модель процесу

проектування ОТС не відкидає участь експерта у процесі її проектування, більш того, у деяких випадках ОТС може отримувати знання безпосередньо у процесі її проектування, проте право вирішального вибору, певно, слід залишити на основі комп'ютерного моделювання за допомоги експертів.

Таким чином, може бути запропоновано наступну архітектурну схему застосування експертної системи у процесі прийняття рішень при проектуванні ОТС (рис. 5).

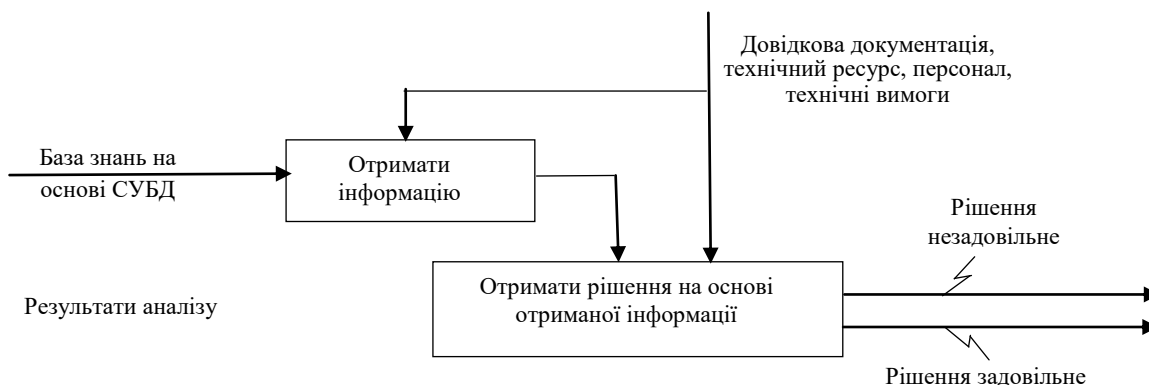


Рисунок 5. Схема прийняття рішення з використанням експертної системи
Джерело: власна розробка авторів

Результати аналізу системи передаються до експертної системи, яка на основі бази знань формує висновок про відповідність спроектованої ОТС вимогам технічного завдання.

Висновки

Отже, нині у розвитку теорії та практики автоматизованого проектування можливо виділити дві взаємопов'язані тенденції: ріст числа об'єктів проектування, що становлять складні високотехнологічні вироби, і перехід від автоматизації окремих процедур чи етапів проектування до створення інтегрованих систем автоматизованого проектування, що охоплюють весь процес проектування виробів або навіть усю діяльність проектно-конструкторської організації. У створенні таких систем бере участь кілька колективів розробників, чия діяльність має бути скоординована на користь розробки ефективної організаційно-технологічної системи. Але досягнення високого рівня ефективності та якості

неможливе без цілеспрямованої та добре організованої діяльності за рішенням системотехнічних завдань, що виникають у процесі проектування. Для успішного ведення практичної системотехнічної діяльності необхідне знання предметної області, вміння виділити у різноманітті окремих завдань проектування основних суперечностей та знайти оптимальний спосіб їх вирішення в конкретних умовах, що під силу лише досвідченим менеджерам та інженерам. У даний час, коли відчувається нестача кваліфікованих фахівців, гостро постала необхідність побудови такої автоматизованої системи проектування, яка з успіхом могла б замінити людину на більшості етапів проектування організаційно-технологічної системи. Запропонована архітектура системи проектування з використанням експертних систем могла б вирішувати багато комплексних інжинірингових завдань.

Abstract

At present, in the development of the theory and practice of computer-aided design can be identified two interrelated trends: the growing number of design objects that are complex high-tech products, and the transition from automation of individual procedures or stages of design to create integrated computer-aided design systems. the process of product design or even all the activities of the design organization. The article reflects the approach to the design of modern organizational and technological systems in industrial production on the principles of general systems theory and systems analysis, structural modeling of innovation projects in high-tech production. We try to solve the problem in conditions of completeness and inconsistency of information. The formalization of decision-making methods for optimizing the construction of organizational and technological systems, which are implemented using expert systems, is considered. The design of such systems

is presented as a process of making managerial decisions that are aimed at obtaining a satisfactory technical task with a certain degree of detail of the project in industrial production. Transforming the original description into the final one creates the decomposition of the original description into a set of intermediate descriptions for making intermediate design decisions. Decision-making in most cases is to generate possible alternatives to decisions, evaluate them and choose the best alternative. In such cases, the subjective assessment of a specialist is necessary to overcome the uncertainty. Such a subjective assessment is today the only possible basis for combining disparate parameters of the problem, which is solved in high-tech production through a single model that allows you to evaluate solutions. Therefore, the need to use formalized decision-making methods is obvious. Expert systems that use heuristic knowledge are used in cases where it is impossible to formulate a solution to the problem in traditional mathematical terms.

Список літератури:

1. Національна економічна стратегія на період до 2030 року: Постанова КМ України №179 від 03.03.2021 р. Урядовий кур'єр. 2021. № 45. С. 8-36.
2. Стратегія розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року: Розпорядження КМ України № 526-р від 10.07.2019 р. Урядовий кур'єр. 2019. № 143. С. 9-10.
3. L. von Bertalanffy. General System Theory. Foundations, Development, Applications. London, 1971. 289 p.
4. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения : монография. 2-е изд., перераб. и доп. Київ: Наукова думка, 2011. 729 с.
5. Бирюков Б.Н. Почему ломаются машины? Одесса: Наука и техника, 2008. 300 с.
6. Hubka V., Eder W.E. Theory of Technical Systems, A Total Concept Theory for Engineering Design. Publisher: Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg and New York. 1988. 278 p. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-52121-8#bibliographic-information>.
7. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. 2-ге вид., перероб. та допов. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. 336 с.
8. Волощук Л.О. Інноваційний розвиток та економічна безпека промислових підприємств: проблеми комплексного управління: монографія. Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2015. 396 с.
9. Гайдукова Н.В. Мультипараметричне управління портфелем інвестиційних проектів металургійного підприємства: дис. к.т.н. за спеціальністю 05.13.22 – Управління проектами та програмами. Київ, 2015. 140 с.
10. Дорошук Г.А. Управління організаційним розвитком: теоретичні та концептуальні основи: монографія. Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2016. 196 с.
11. Єрмак С.О. Теоретичні та методологічні основи стратегічного управління інклюзивним розвитком інноваційно-активних підприємств : монографія. Schweinfurt: Time Realities Scientific Group VG, 2019. 430 с.
12. Ілляшенко С.М., Біловодська О.А. Управління інноваційним розвитком промислових підприємств: монографія. Суми: Університетська книга, 2010. 281 с.
13. Лобунська С.В. Підходи щодо формування показника інноваційної спроможності в загальній системі економічної безпеки підприємства. Вісник економіки транспорту і промисловості. № 39, 2012. С. 55-59.
14. Лысенко Ю.Г. и др. Методы антикризисного управления по слабым сигналам: монография. Донецк: Юго-Восток, 2009. 195 с.
15. Новосад В.П., Селіверстов Р.Г., Артим І.І. Кількісні методи експертного оцінювання: наук.-метод. розробка. Київ: НАДУ, 2009. 36 с.
16. Прокопенко Т.О. Теорія систем і системний аналіз: навч. посіб. Черкаси: ЧДТУ, 2019. 139 с.
17. Дащенко Н.М., Філіппова С.В. Технологічне оновлення інноваційно-орієнтованих промислових підприємств: інвестиційні потреби та їх забезпечення: монографія. Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2016. 225 с.
18. Шкарлет С.М. Економічна безпека підприємства: інноваційний аспект: монографія. Київ: Книжк. вид-во НАУ, 2007. 415 с.
19. Яковлев А.І. Проектний аналіз інноваційно-інвестиційної діяльності: навч. посіб. Харків: НТУ «ХТУ», 2010. 216 с.
20. Яковлев А.І., Васильцова С.О. Формування та оцінювання портфеля реальних інноваційно-інвестиційних проектів на переробних підприємствах: монографія. Харків: НТМТ, 2013. 225 с.

References:

1. Cabinet of Ministers of Ukraine (2021). "National economic strategy for the period up to 2030", Uryadovjy kuryer, vol. 45, pp. 8-36 [in Ukrainian].

2. Cabinet of Ministers of Ukraine (2019). "Strategy for the development of innovation for the period up to 2030", Uryadovyy kuryer, vol. 143, pp. 9-10. [in Ukrainian].
3. L. von Bertalanffy (1971). General System Theory. Foundations, Development, Applications. London [in English].
4. Zgurovskiy, M.Z., & Pankratova, N.D. (2011). Systems analysis: problems, methodology, applications. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
5. Biryukov, B.N. (2008). Why do cars break down? Odessa: Nauka i tekhnika [in Russian].
6. Hubka, V., & Eder W.E. (1988). Theory of Technical Systems, A Total Concept Theory for Engineering Design. Publisher: Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg and New York. Retrieved from: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-52121-8#bibliographic-information> [in English].
7. Voloshyn, O.F., & Mashchenko, S.O. (2010). Models and methods of decision making. Kyiv: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr "Kyivskiy universytet" [in Ukrainian].
8. Voloshchuk, L.O. (2015). Innovative development and economic security of industrial enterprises: problems of integrated management. Odesa: FOP Bondarenko M.O. [in Ukrainian].
9. Haidukova, N.V. (2015). Multiparametric management of the portfolio of investment projects of a metallurgical enterprise. Candidate's thesis. Kyiv [in Ukrainian].
10. Doroshuk, H.A. (2016). Organizational development management: theoretical and conceptual foundations. Odesa: FOP Bondarenko M.O. [in Ukrainian].
11. Yermak, S.O. (2019). Theoretical and methodological bases of strategic management of inclusive development of innovative enterprises. Schweinfurt: Time Realities Scientific Group VG [in Ukrainian].
12. Illiashenko, S.M., Bilovodska, O.A. (2010). Management of innovative development of industrial enterprises. Sumy: Universytetska knyha [in Ukrainian].
13. Lobunska, S.V. (2012). Approaches to the formation of the indicator of innovation capacity in the general system of economic security of the enterprise. Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti, 39, 55-59 [in Ukrainian].
14. Lysenko, Yu.G. et al. (2009). Anti-crisis management methods based on weak signals. Donetsk: Yugo-Vostok [in Russian].
15. Novosad, V.P., Seliverstov, R.H., & Artym, I.I. (2009). Quantitative methods of expert evaluation. Kyiv: NADU [in Ukrainian].
16. Prokopenko, T.O. (2019). Systems theory and systems analysis. Cherkasy: ChDTU [in Ukrainian].
17. Dashchenko, N.M., Filyppova, S.V. (2016). Technological renewal of innovation-oriented industrial enterprises: investment needs and their provision. Odesa: FOP Bondarenko M.O. [in Ukrainian].
18. Shkarlet, S.M. (2007). Economic security of the enterprise: innovative aspect. Kyiv: Knyzhk. vyd-vo NAU [in Ukrainian].
19. Yakovliev, A.I. (2010). Project analysis of innovation and investment activities. Kharkiv: NTU "KhTU" [in Ukrainian].
20. Yakovliev, A.I., & Vasylytova, S.O. (2013). Formation and evaluation of a portfolio of real innovation and investment projects at processing enterprises. Kharkiv: NTMT [in Ukrainian].

Посилання на статтю:

Захарченко В.І. Застосування експертних систем на етапах прийняття проектних рішень при створенні організаційно-технологічних систем / В.І. Захарченко, С.В. Онешко // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2022. – № 3 (61). – С. 40-47. – Режим доступу до журн.: <https://economics.net.ua/files/archive/2022/No3/40.pdf>. DOI: 10.15276/ETR.03.2022.5. DOI: 10.5281/zenodo.7675697.

Reference a Journal Article:

Zakharchenko V.I. Application of expert systems at the stages of design decision making in the creation of organizational and technological systems / V.I. Zakharchenko, S.V. Oneshko // Economics: time realities. Scientific journal. – 2022. – № 3 (61). – P. 40-47. – Retrieved from <https://economics.net.ua/files/archive/2022/No3/40.pdf>. DOI: 10.15276/ETR.03.2022.5. DOI: 10.5281/zenodo.7675697.

