

УДК: 658;330.3

Н.М. Польова, А.В. Польова

DOI: 10.36919/2312-7812.4.2022.37

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ПОШУК ЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ІННОВАЦІЙ

В даній статті розглянуто структуру, склад завдань пошуку, вимоги до інформації і сучасних методів науково-технічного пошуку на етапі конструкторської підготовки інновацій, роль організаційно - технічних методів проектування у підвищенні рівня ефективності і якості проектних робіт, функції управління інноваціями, рекомендовані на етапах проектування інновацій, як один з найважливіших факторів в підвищенні ефективності і якості інновацій.

Щодо етапів проектування нововведень, в статті дана якісна характеристика етапів науково-технічного пошуку, визначена їх специфіка, склад вирішуваних завдань, вимоги до інформації, а також виявлені найбільш прийнятні методи пошуку, використання яких дозволяє ефективно вирішувати завдання, що полягають в процесі виконання проектних робіт. Визначено, що сучасними методами науково-технічного пошуку на етапі конструкторської підготовки є структурно-вартісний аналіз, який базується на структурно-схематичному аналізі системи та функціонально-вартісний аналіз, в основі якого лежить функціональний опис нововведення і пошук конструктивно-технологічних рішень, що забезпечують виконання функцій з найменшими витратами.

Детально розглянуто питання про доцільність проектування інновацій за допомогою системного аналізу. В статті визначені функції, які можуть або повинні виконуватися об'єктами або елементами, що аналізуються. Залежно від змісту необхідні загальносистемні функції підрозділяються на експлуатаційні, естетичні, ергометричні, екологічні та інші. При функціонально-вартісному аналізі визначаються як загальносистемні, так і внутрішньо системні функції. Залежно від змісту потрібних внутрішньо системні функції можна підрозділити на робочі, забезпечуючі та технологічні.

This article considers the structure, composition of search tasks, information requirements and modern methods of scientific and technical research at the stage of design preparation of innovations, the role of organizational and technical design methods in improving the efficiency and quality of design work, innovation management functions recommended at innovation design stages. as one of the most important factors in improving the efficiency and quality of innovation

Regarding the stages of designing innovations, the article gives a qualitative description of the stages of scientific and technical research, identifies their specifics, the composition of tasks, information requirements, and identifies the most acceptable search methods, which can effectively solve problems in the design process. . It is determined that modern methods of scientific and technical research at the stage of design training are structural-cost analysis, which is based on structural-schematic analysis of the system and functional-cost analysis, which is based on functional description of innovation and search for design and technological solutions that functions with the lowest costs.

The expediency of designing innovations with the help of systems analysis is considered in detail. The article defines the functions that can or should be performed by the objects or elements under analysis. Depending on the content, the necessary system-wide functions are divided into operational, aesthetic, ergonomic, environmental and others. In the functional-cost analysis, both system-wide and intra-system functions are determined. Depending on the content of the required internal system functions can be divided into working, supporting and technological

Ключові слова: інновації, етапи проектування нововведень, методи науково-технічного пошуку, проектування інновацій, функціональна модель

Key words: innovations, stages of innovation design, methods of scientific and technical search, innovation design, functional model

Вступ. Актуальність обраної теми полягає в тому, що збільшення масштабів створюваних систем машин, посилення взаємозв'язку і взаємопов'язані між окремими складовими супроводжується подальшим ускладненням задач, пов'язаних з проектуванням нового виду техніки. Зростає об'єм, складність робіт, кількість організацій та підприємств, які беруть участь в проектуванні, відбувається подальший поділ праці й спеціалізація проектних робіт. В цих умовах значно розширюються та ускладнюються економічні відносини між організаціями та підприємствами, які займаються створенням машин. Зростає роль комплексного, системного проектування. Виникає необхідність рішення цілого ряду економічних і організаційних проблем в механізмі управління проектуванням цього виду техніки [1].

Постановка проблеми. Розвиток систем машин – процес динамічний, на кожному з його етапів до цього виду техніки пред'являються все більш складні соціально-економічні та технічні вимоги. Тому значне підвищення технічного рівня ті рівні ефективності створюваних машин та комплексів обладнання є важливою задачею розвитку. Розв'язання цієї задачі безперервно пов'язане з підвищенням ефективності та якості проектування, тому що саме на цьому етапі визначаються та закладаються основні технічні параметри та економічна ефективність технічних систем, які розробляються.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями даної проблематики займалися такі вчені-економісти, як: С.В. Козаченко, С.Г. Галуза, А.Ф. Мітін, С.М. Ямпольський, А.М. Майданович, Б.З. Мільнер.

Важливу роль в підвищенні ефективності і якості інновацій відіграє науково-технічний пошук ефективних рішень. При проектуванні об'єкт пошуку являє собою сукупність передпроектних досліджень, дослідно-конструкторських розробок, випробувань, кожен з яких характеризується певними особливостями, складом вирішуваних завдань, специфічними або найбільш прийнятними методами науково-технічного пошуку резервів зростання ефективності [3]. У табл. 1 стосовно етапів проектування нововведень дана якісна характеристика етапів науково-технічного пошуку, визначена їх специфіка, склад вирішуваних завдань, вимоги до інформації, а також виявлені найбільш прийнятні методи пошуку, використання яких (індивідуальне або комплексне) дозволяє ефективно вирішувати завдання, що полягають в процесі виконання проектних робіт.

Серед цієї групи методів особливу роль відіграють методи інженерних розрахунків конструкції і методи техніко-економічних розрахунків. Використання методів цих двох груп, як показує практика, дозволяє значно підвищити ефективність і якість створеної техніки [4].

Для того, щоб сучасні інженерні методи розрахунків стали активним інструментом пошуку найбільш економічних і ефективних конструкцій, необхідно багато в чому переглянути чинні нормативи, встановити єдині вимоги до розрахунків міцності, надійності й довговічності, заснувати систематичний контроль за застосуванням в проектно-конструкторські організаціях сучасних методів розрахунку металоконструкцій.

Таблиця 1

Структура, склад завдань пошуку, вимоги до інформації і методів пошуку, рекомендованих на етапах проектування

Етап пошуку	Основні характеристики	Склад завдань	Вимоги до інформації	Методи пошуку
Проектування	Сукупність показників технічного рівня, якості і ефективності нових систем машин, технологій, виготовлення, масштабів і організації виробництва	Визначення моменту початку проектування. Вибір конкретного проекту і основних техніко-економічних параметрів системи. Визначення термінів зміни старої моделі системи машини.	Комплексність, облік невизначеності і стохастичності процесу проектування	Патентні, морфологічні, інтерогативно-асоціативні, системно-аналітичні методи, розчленовування, редукції, агрегування, економіко-математичне моделювання, статистичні
Технічні завдання	Вимоги надійності, патентної чистоти, естетичні, ергономічні та ін. прогнозовані показники технічного рівня і якості продукції (у тому числі рівня уніфікації і стандартизації) і економічні показники (лімітна ціна, розмір потрібних витрат на підготовку і освоєння системи машин, економічна ефективність та ін.) Об'єми витрат на цьому етапі	Встановлення об'ємів витрат і термінів розробки технічного завдання. Визначення основного призначення, технічних характеристик, техніко-економічних вимог	Облік прямих непрямих показників науково-технічного розвитку. Облік невизначеності інформації	Інтерполяції, патентні, морфологічний аналіз, кореляційний, метод пошуку резервів зростання ефективності на передпроектному етапі
Технічна пропозиція	Те ж	Визначення технічної і економічної доцільності нової системи машин на основі підвищення продуктивності праці, зниження матеріаломісткості техніки, поліпшення якості і ефективності конструкції, скорочення термінів підготовки і освоєння системи машин	Забезпечення умов порівняння і співставлення варіантів	Морфологічний аналіз, економіко-математичне моделювання

Продовження табл. 1

Ескізний проект	Техніко-економічні показники, показники якості і ефективності нової машини. Об'єми витрат на цьому етапі	Розробки провидіння ескізного проекту. Вибір оптимального варіанту виконання виробу	Облік вірогідності прогнозованих подій	Системний, моделювання, статистичні, матричні, структурно-вартісний аналіз
Технічний проект	Техніко-економічні показники якості і ефективності нової машини з подальшою деталізацією і уточненням	Розробка затвердження технічного проекту. Уточнення технічних характеристик нового виробу	Облік впливу тимчасових лагів і цін вартісні показники	Техніко-економічний, функціонально-вартісний, системний аналіз, економіко-математичне моделювання, статичні, морфологічний аналіз
Робочий проект	Уточнення техніко-економічні показники, показники якості і ефективності	Забезпечення розробки робочого проекту по етапах: документація дослідного зразка; документація для настановних серій; документація сталого серійного або масового виробництва	Облік взаємодії суттєвих чинників	Техніко-економічний, функціонально-економічний, факторний, регресійний, системний аналіз, аналіз трендів, екстраполяційні, матричний

Сучасними методами науково-технічного пошуку на етапі конструкторської підготовки є структурно-вартісний і функціонально-вартісний аналізи. Метод структурно-вартісної аналізу базується на структурно-схематичному аналізі системи та включає наступні етапи: розробку структурної схеми системи; побудова діаграм, що відбивають структуру собівартості, трудомісткості, матеріаломісткості нововведення та агрегатів, що входять в нього, складальних одиниць, деталей; виявлення елементів нововведення, що визначають його собівартість, матеріаломісткість і трудомісткість; розробку техніко-економічних моделей для оцінки (прогнозування) собівартості, трудомісткості і матеріаломісткості нововведення; використання розроблених моделей для оцінки ефективності вибору і оптимізації технічних рішень при проєктуванні [5].

Метод структурно-вартісного аналізу припускає розробку і використання залежностей між витратними, вартісними та технічними, конструкторсько-технологічними показниками елементів нововведення, що визначають собівартість, трудомісткість і матеріаломісткість.

В основі методу функціонально-вартісного аналізу (ФВА) лежить функціональний опис нововведення і пошук конструктивно-технологічних рішень, що забезпечують виконання функцій з найменшими витратами.

Цей метод дозволяє складати функціональну схему системи й складових її елементів з виділенням головних, допоміжних і несуттєвих (побічних) функцій; аналізувати вартості виконання виявлених функцій; здійснювати пошук можливих технічних

рішень; вибирати технічні рішення, що дозволяють виконувати завдання функції з найменшими витратами.

Розглядаючи ФВА стосовно проєктуванні нововведень, можна виділити загальні риси цього методу, характерні для усього процесу, і приватні, специфічні, характерні, наприклад, для проєктування нововведення принципово нового типу або модернізації діючої.

Загальними особливостями ФВА при проєктуванні є: розв'язання питання про доцільність розробки цього виду нововведення, облік альтернативних варіантів прогнозованої зміни витрат внаслідок можливого в майбутньому поліпшення організації праці, зміни технології і т. д. на виробництві, де впроваджується цей варіант; визначення верхньої межі терміну експлуатації цього виду техніки [3].

Питання про доцільність проєктуванні інновації слід вирішувати за допомогою системного аналізу. Для цього необхідно передусім виявити проблему (невідповідність між фактичним, тобто наявного станом справ і необхідним), оцінити її актуальність, знайти обмеження, визначити критерій для зміни міри наближення можливого розв'язання проблеми до бажаного, провести аналіз наявної системи (встановити обмеження, що перешкоджають отриманню бажаного стану системи), визначити можливі варіанти рішення, вибрати найкращий. Таким чином, ФВА на стадії проєктування виконується у два етапи.

На першому знаходиться максимально можлива кількість альтернативних варіантів, що розв'язувати проблему різними способами. При цьому враховуються варіанти, що передбачають поліпшення організації праці, зміни технології на цьому виробництві і т. д. Серед цих варіантів має бути розглянутий варіант, що передбачає і проєктування інновацій. У разі, коли останній виявиться найбільш ефективним, переходять до другого етапу - безпосереднього проведення ФВА при проєктуванні.

На другому етапі при виконанні вартісної оцінки варіантів враховуються ті витрати, які могли б мати місце, якби була поліпшена організація праці, змінена технологія і т. д.

Третьою важливою особливістю ФВА на етапі проєктування є обов'язкове визначення верхньої межі терміну експлуатації усієї моделі цього нововведення. Розрахунок терміну експлуатації потрібний для забезпечення умови безперервності проведення аналізу, дотримання якого є одним з основних принципів економічного опрацювання виробів. При цьому вже на передпроектному етапі визначається момент часу початку проєктування нової моделі, яка повинна буде замінити проєктованому. Це дозволяє використовувати знайдений термін експлуатації усієї моделі як обмеження при проведенні ФВА. Для цього розраховується мінімально допустима величина терміну експлуатації нововведення і порівнюється з отриманим терміном експлуатації його оптимального варіанту. У разі, якщо $\geq$, ФВА вважається закінченим, якщо ж $<$, знайдений варіант не може вважатися оптимальним і аналіз проводиться далі, поки не буде забезпечено умову $\geq$ [2].

Окрім перерахованих до загальних особливостей проведення ФВА при проєктуванні можна віднести: високий рівень невизначеності інформації на початкових етапах; органічне злиття етапів ФВА з етапами проєктування; застосування сукупності формалізованих правил і процедур; обов'язкова попередня побудова дерева цілей,

попередньому проєктуванню об'єкта для формулювання функції, визначення лімітів, витрат і побудови функціональної моделі [6].

Використання ФВА при проєктуванні нововведень характеризується наступними особливостями: проведенням оцінки можливості задоволення колишньої потреби новим способом, шляхом зміни принципу побудови об'єкта; зміною черговості побудови моделей об'єкта, спочатку будується функціональна модель, потім - структурна; злиттям робіт інформаційного етапу ФВА з підготовчим етапом НД і ДКР при одночасному збільшенні обсяг цих робіт внаслідок ретельнішого аналізу співвідношень між технічними та економічними характеристиками [7].

При модернізації нововведень передусім необхідно показати, що для розв'язання проблеми досить модернізації та не вимагається створення принципово нового нововведення. За допомогою ФВА при цьому розширюється число функцій (чи умов їх реалізації) техніки, покращується якість раніше виконуваних функцій, ліквідуються непотрібні функції, змінюються методи виготовлення нововведень при збереженні функціональної структури, а також визначаються різні комбінації змін, наприклад, розширення числа функцій і поліпшення якості їх виконання і т. д.

Ефективність розглянутих методів значно підвищується при їх комплексному, системному використанні. При цьому, по-перше, проєктувальник враховує в процесі проєктування широкий спектр взаємозв'язків і взаємодій створюваного нововведення. По-друге, здійснюється цілеспрямований пошук критичних точок для ухвалення відповідних рішень. По-третє, логічно обґрунтований системний характер методів дає можливість отримати найкраще проєктне рішення з мінімальними витратами тимчасових і матеріальних ресурсів.

З характеристики ФВА виходить, що цей метод пошуку резервів зростання ефективності може проводитися на усіх етапах проєктування нововведень принципово нового виду, модернізації діючих. Він охоплює усі елементи нововведення аж до окремих конструктивних вузлів.

Одним з основних завдань ФВА є чітке визначення функцій, які можуть або повинні виконуватися об'єктами або його елементами, що аналізуються. Цей процес налаштовує розробника на пошук варіантів, які можуть виконувати необхідні функції з меншими витратами і якісніше.

Аналіз функцій включає з'ясування їх складу, встановлення взаємних зв'язків і повинен проводитися на базі системного підходу. Системний підхід до аналізу означає розгляд нововведення, з одного боку, як елементу більшої технічної системи у вигляді лінії або ділянки, а з іншої, - як системи, що складається з різних складальних одиниць. Функції, якими має або повинен володіти аналізований об'єкт як окрема система, називаються загальносистемними (загальнооб'єктними).

Залежно від змісту необхідні загальносистемні функції підрозділяються на експлуатаційні, естетичні, ергонометричні, екологічні і інші [6].

При ФВА визначаються як загальносистемні, так і внутрішньо системні функції. Залежно від змісту потрібних внутрішньо системні функції можна підрозділити на робочі, забезпечуючі та технологічні. Виконуючи робочі функції, елементи конструкції передають або перетворюють різні види енергії. Забезпечуючі функції - дії, їх виконання потрібне для реалізації робочих функцій. Забезпечуюча функція може обслуговувати одну або відразу декілька робочих функцій. Технологічні функції забезпечують ство-

рення елементів конструкції відповідно до вимог технології обробки та складально-розбірних операцій.

Спочатку необхідно сформулювати загальносистемні (загальнооб'єктні) функції. Далі висуваються принципові ескізні схеми, отримують їх порівняльні оцінки. Ухвалення рішення означає вибір оптимальної ескізної схеми за допомогою отриманих оцінок.

Після вибору принципової ескізної схеми можна приступити до формування внутрішньо системних робочих функцій. Цю роботу полегшує метод вивчення енергетичних, матеріальних і інформаційних потоків за допомогою графів. Метод виходить з того, що робочі функції означають якісь дії, які супроводжуються передачею енергії, маси або інформаційних сигналів. Отже, якщо прослідкувати в конструкції усі ланцюжки, по яких передаються різні форми енергії, а також масопотоки та потоки інформації, то можна отримати ланцюжки функцій послідовно і паралельно виконуваних робочих функцій. Для наочності ланцюжки функцій зручно зображувати у вигляді спрямованого графа. Причому в будь-якій схемі нововведення по кожному енергетичному масовому і інформаційному потоку можна виявити три комплекси функцій :

- підведення або прийняття енергії (маси, інформації), завдяки яким система здатна сприйняти енергетичний, масовий або інформаційний потік ззовні, від іншої системи;
- перетворення і передачі енергії (маси, інформації). У аналізованих об'єктах можна спостерігати або процес перетворення одного виду енергії (стану речовини, інформації) в інший, або процес передачі енергії (маси, інформації) з одного місця в інше, або поєднання того та іншого процесів;
- отримання кінцевого результату, завдяки якому система може видати результат попередніх функцій або передати його іншим системам.

Метод вивчення згаданих потоків дозволяє створити єдину логіку для формування усіх робочих функцій, уніфікувати формулювання і забезпечити їх необхідну узагальненість.

Маючи ескізну схему виробу і витікаючий з неї склад робочих функцій, розробляють варіанти конструктивних рішень (складальних креслень), оцінюють ці варіанти та вибирають оптимальний, в якому робочі функції реалізуються якісно і з невеликими витратами.

Як тільки вибрано конструктивне рішення, на його основі з'являється можливість формулювати наступний клас функцій - забезпечуючих. Після того, як сформульований склад необхідних забезпечуючих функцій, конструктори розробляють пристрої, що дозволяють виконати ці функції з мінімальними витратами. У результаті отримують закінчені конструктивні рішення (робочі креслення) по усіх деталях.

На завершальному етапі виявляються технологічні функції. Для цього до кожної деталі пред'являються вимоги виробничого характеру, а саме: що треба мати в конструкції, щоб деталь або вузол можна було обробляти або збирати. Реалізація технологічних функцій примушує обробляти конструкцію на технологічність, і у ряді випадків, вносити до конструкції корективи.

У підвищення рівня ефективності і якості проектних роботах суттєва роль належить вдосконаленню організаційно - технічних методів проектування.

У практиці проектування нововведень функції творчості та адміністративного управління нерідко поєднуються в особі генерального конструктора, головного інже-

нера проєкту. При створенні одиничних машин, порівняно простого устаткування таке поєднання хоча та ускладнює та утрудняє виконання основних творчих функцій генеральним конструктором, але в принципі можливо [8].

Виконання складних проєктів нововведень сучасних систем машин вимагає значно великої концентрації зусиль на реалізацію кожної з функцій - творчою та адміністративного управління і керівництва. Функції генерального конструктора все більше переміщуються у бік вироблення загальної стратегії розв'язання проблеми, процедур її аналізу. Генеральний конструктор, розчленувавши проблему на окремі складові та розподіляючи її між співвиконавцями, забезпечує загальне керівництво розв'язання проблеми, аналізує, оцінює рішення окремих завдань, пов'язує їх в єдину систему, забезпечуючи стикування окремих ланок, узгодження основних техніко-економічних параметрів. При цьому розробка окремих частин складних проєктів нерідко покладається на окремі творчі колективи, а рішення, аналіз і синтез загальної проблеми виконується спеціалізованими головними проєктний і проєктно - конструкторськими організаціями [9].

У діяльності цих організацій все більшу роль набувають питання, пов'язані з перспективними проєктуванням, стратегією робіт з науково-технічної підготовки, глобальної оптимізації проєктних рішень.

Функція адміністративного управління при реалізації складних проєктів повинна полягати в забезпеченні творчого колективу необхідними ресурсами, координації організацій-співвиконавців, зайнятих проєктуванням, контролю за ходом виконання проєктним робіт [10].

Нерідко при проєктуванні сучасних складних технічних систем функції ефективного адміністративного керівництва проєктуванням не можуть бути реалізовані у рамках діючих оргструктур. У проєктуванні таких об'єктів беруть участь десятки науково-дослідних організацій різних міністерств і відомств. Природно, що багато питань, які виникають при проєктуванні складних систем, має міжвідомчий характер. Головна проєктна організація в цих умовах не завжди може здолати відомчі бар'єри, забезпечити чітку взаємодію організацій - учасників проєктування, виконанні намічених термінів робіт і його якісні характеристики. Потрібний пошук ефективних форм системного управління проєктуванням. Однією з таких форм є комплексні цільові програми по створенню нововведень.

1. Інноваційний поступ економіки України: проблеми, тенденції, потенціал зростання : монографія / З. Юринець, Л. Гнилянська, А. Гришук, І. Гурняк, Л. Загвойська, О. Макара, В. Петринка; [за ред. З. Юринець, Л. Гнилянської]. Львів: Ліга-Прес, 2013. — 296 с.;
2. *В.М. Арендаренко, О.М. Іванов, О.О. Назаренко*. Основи дослідження і проєктування механізмів і машин. Навчальний посібник П.: ТОВ «Рік», 2016. — 271с.;
3. *Козаченко С.В.* Економіка і науково-технічний прогрес прогрес. К.: Наук. думка, 2004. — 152с.;
4. *Козаченко С.В.* Техніко-економічний аналіз в процесі конструктивного проєктування нових машин і обладнання. К.: Знання, 2007. — 17с.;
5. *Козаченко С.В., Мітін А.Ф.* Економіка проєктування машин. К.: Техніка, 2006. — 199с.;
6. *Коломицева О.В.* Проблемно-орієнтоване проєктне управління на продовольчих підприємствах /Вісник соціально-економічних досліджень 2013 № 1 (48). С. 103 — 107;
7. *Кініцький Я. Т.* Теорія механізмів і машин. К.: Наукова думка 2001. — 660с.;
8. *Польова Н.М., Шпильова В. О.* Формування механізму управління діяльністю машинобудівних підприємств /Актуальні проблеми економіки 2009 № 4 (94) С. 130 — 134;
9. *Ямпольский М.П., Галуза*