

УДК 629.78

А. П. Алпатов, В. Т. Марченко, П. П. Хорольський, Н. П. Сазіна

Інститут технічної механіки Національної академії наук України
та Державного космічного агентства України, Дніпропетровськ

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТІВ КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Описано методологічний підхід до фінансово-економічного обґрунтування проектів зі створення космічної техніки за показниками затрат, економічної і технічної ефективності та ризиків.

ВСТУП

Метою фінансово-економічного обґрунтування науково-технічних проектів є визначення очікуваних числових значень ключових показників, на основі яких приймається рішення щодо доцільності фінансування проектів. Як ключові показники на практиці, як правило, використовуються: витрати на реалізацію проекту, показники його ефективності та технічного рівня, а також рівень ризику. Для фінансово-економічного обґрунтування інвестиційних проектів цивільного призначення на сьогодні створено методичну базу розрахунку їхньої ефективності, наприклад [1, 6, 9]. На жаль, ця методична база не може бути використана для інноваційних науково-технічних проектів зі створення та експлуатації зразків новітньої космічної техніки через їхню унікальність. Для фінансово-економічного обґрунтування таких проектів, призначення яких здебільшого не є суто цивільним, необхідне розроблення спеціальної методології, концептуальні основи якої приводяться в даній статті. Під методологією тут розуміється система основних положень та загальних підходів для створення методичної бази щодо проведення розрахунків з фінансово-економічного обґрунтування майбутніх космічних проектів і програм.

Основні особливості космічної техніки (КТ), які визначають технічну суть методологічного підходу до фінансово-економічного обґрунтування проектів:

- космічні системи (КС), ракетно-космічні комплекси (РКК), космічні апарати (КА), ракети-носії (РН) і космічні прилади є унікальними технічно складними системами, що вимагають значних фінансових, матеріально-технічних і трудових затрат для їхнього створення та експлуатації;
- космічні системи і ракетно-космічні комплекси, як правило, є технічними системами подвійного призначення;
- космічні апарати й ракети-носії, що входять до складу КС і РКК відповідно, є невідновлюваними виробами, а отже, повинні мати високий рівень надійності функціонування. Гарантійний строк експлуатації КА сьогодні сягає 10–15 років;
- ефективність функціонування зразків космічної техніки досягається, в першу чергу, за рахунок використання новітніх досягнень науки й техніки;
- інтервал зміни поколінь базових конструкцій становить: для РН — 20–30 років, а для КА й космічних приладів — 10–15 років;
- космічні апарати й наземне устаткування космодромів є виробами одиничного або повторюваного одиничного виробництва, а РН — виробами повторюваного дрібносерійного виробництва.

Труднощі кількісної оцінки ефективності проєктів:

- відсутність, як правило, близьких аналогів РКК чи КС, а якщо такі і є, то у більшості випадків інформація про них недоступна з причин її конфіденційності;
- відсутність загально визнаних критеріїв і показників ефективності проєктів;
- відсутність у повному обсязі вхідних даних, та навіть якщо дані є, то вони мають здебільшого відносно високий ступінь недостовірності;
- при розрахунках величини очікуваного корисного ефекту необхідно використовувати дані, які є прогнозними, з горизонтом до 10—15 років для космічних систем і 15—20 років для космічних ракетних комплексів.

Основними об'єктами фінансово-економічного обґрунтування є [5]:

- ракетно-космічні комплекси;
- космічні засоби спостереження Землі із космосу;
- супутникові системи зв'язку та мовлення;
- ракети-носії та їхні складові частини;
- космічні апарати різного призначення та їхні складові частини тощо.

Прийняття рішення щодо доцільності реалізації проєкту проводиться на основі результатів аналізу значень показників критерію ефективності, що являє собою формалізований аналітичний вираз, який об'єднує в систему основні техніко-економічні показники, і в першу чергу очікувані витрати, економічну і технічну ефективність та ступінь ризику розробки.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Загальноприйняту систему показників ефективності для інвестиційних проєктів цивільного призначення NPV (чистий дохід), IP (індекс дохідності), PP (термін окупності), IRR (внутрішня норма дохідності) не можна використати для оцінки ефективності проєктів зі створення нових зразків КТ, тому що головною і, як правило, єдиною метою реалізації цивільних інноваційних проєктів є одержання максимально можливого прибутку, тоді як для проєктів зі створення зразків КТ прибуток не є домінуючим показником. З цієї причини необхідно

сформувати систему показників ефективності проєктів КТ.

2. Результати розрахунку очікуваних показників ефективності мають природу випадкових величин, тому що в аналітичні вирази, які визначають величину корисного ефекту, входять змінні величини, що є значеннями нестационарних (динамічних) випадкових функцій з невідомими параметрами розподілу. З цієї причини значення очікуваних показників ефективності, що розраховуються, повинні супроводжуватися відповідним рівнем гарантії їхнього досягнення.

3. Ракетно-космічні комплекси та космічні системи є унікальними складними технічними системами і, як правило, для них немає близьких аналогів. З цієї причини в основу моделі розрахунків витрат на створення КТ покладено метод покомпонентної аналогії, тому що зразки КТ можуть містити у своєму складі елементи (підсистеми, прилади, агрегати, вузли), для яких є аналоги. Відомо, що будь-яка складна технічна система може бути представлена функціонально-ієрархічною структурою, тобто може бути дезагредована на складові частини до будь-якого рівня компонентів. Дезагрегація дозволяє завжди знайти не менше одного виробу-аналога для відповідних компонентів. Витрати на розробку та виготовлення дезагредованого виробу можуть бути представлені сумою витрат на компоненти й системні витрати (на розробку проєктної й конструкторської документації, складання та випробування виробу), питома вага яких у вартості проєкту відома. Метод покомпонентної аналогії дозволяє провести найбільш повний і об'єктивний облік факторів, які впливають на величину витрат, при цьому досягається найбільша точність прогнозування витрат на проєкт, який надалі формується як дослідно-конструкторська робота (ДКР).

4. Вхідні дані для розрахунку величини очікуваного корисного ефекту і величини витрат на реалізацію проєктів зі створення і експлуатації КТ формуються експертним шляхом на основі даних з [4] та результатів їхньої аналітичної обробки.

На експертів покладається вирішення таких основних завдань:

- визначення діапазонів можливої зміни технічних характеристик перспективних зразків КТ, при цьому в якості базових даних використовуються результати екстраполяції тенденцій розвитку КТ;

- формування даних для визначення показників технічного рівня, новизни, технічної й технологічної складності нових зразків;

- визначення очікуваної тривалості виконання ДКР і раціональної тривалості експлуатації нових виробів;

- оцінка рівня достовірності даних, що використовуються при проведенні фінансово-економічних розрахунків;

- приведення даних за закордонними і вітчизняними виробами-аналогами до економічних і виробничо-технологічних умов України на момент проведення розрахунків;

- формування довгострокового прогнозу потреб у космічних засобах і послугах;

- формування даних для проведення розрахунків у випадку, коли в основу розроблення зразків КТ покладено нові фізичні принципи;

- формування даних для розрахунку потенційно корисного ефекту, що може бути отриманий у процесі застосування (експлуатації) зразків КТ;

- визначення складу й основних технічних характеристик критично важливих технологій, розробка яких необхідна для забезпечення розвитку космічної техніки та підвищення її конкурентоспроможності на світовому ринку космічних послуг і технологій.

За результатами роботи експертів формується діапазон можливої зміни вхідних даних, що використовуються в розрахунках, та найбільш очікуваний діапазон їхніх значень.

5. Отримані експертним шляхом дані і результати аналітичної обробки інформації з [4] використовуються для формування математичних моделей на основі розмитих множин та нечіткої логіки [2]. Це дає можливість значно знизити рівень невизначеності даних, що використовуються для розрахунку показників ефективності проектів зі створення зразків КТ.

6. В основу розрахунку очікуваних витрат покладено принцип центрального елемента РКК і КС і метод покомпонентної аналогії. Суть прин-

ципу центрального елемента полягає в тому, що із структури РКК чи КС виділяється один або кілька компонентів першого рівня, які мають найбільшу питому вагу у величині загальних витрат. Це дозволяє проводити відносно детальний розрахунок тільки центральних елементів. Центральним елементом в РКК та КС є перший льотний дослідний зразок: для РКК — ракетно-носії та базові компоненти стартового комплексу, для КС — космічний апарат. Вартість ДКР і розподіл вартості за етапами ДКР визначається на основі досить стійкого для даного класу й типу РКК чи КС процентного співвідношення вартості етапів ДКР до вартості виготовлення першого дослідного зразка. Досвід авторів з проведення фінансово-економічних розрахунків у сфері космічної діяльності свідчить про те, що цей метод досить ефективний за співвідношенням «точність розрахунків / витрати часу на їхнє проведення».

7. Всі показники, що використовуються в розрахунках очікуваної ефективності, приводяться до єдиної техніко-економічної бази на момент проведення розрахунків. Це дозволяє забезпечити правомірне зіставлення минулих і майбутніх витрат і економічних вигод без необхідності урахування рівня інфляції та девальвації національної валюти. Можлива майбутня інфляція та девальвація національної валюти враховуються при визначенні рівня ризику проекту.

Загальна схема розрахунку очікуваних витрат на виконання ДКР нового зразка та підготовку виробництва має такий вигляд:

$$Z_{\text{ДЗН}}(t_0) = Z_{\text{ДЗА}}(t_0) \cdot k_{\text{ТС}},$$

$$Z_{\text{Н}} = Z_{\text{ДЗН}}(t_0) [f(k_{\text{Н}}) \cdot (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \cdot k_{\text{ТС}}) + 1],$$

$$Z_{\text{ПВН}}(t_0) = Z_{\text{ПВА}}(t_0) \cdot (q(k_{\text{ТХС}}) - 1),$$

$$k_{\text{ТС}} = \exp(\alpha \cdot f(k_{\text{Н}}) \cdot k_{\text{ТР}}) \cdot \exp\left(\beta \cdot \frac{P_{\text{Н}} - P_{\text{А}}}{1 - P_{\text{Н}}}\right),$$

$$k_{\text{ТР}} = \prod_1^l \left(\frac{\tau_{\text{Н}i}}{\tau_{\text{А}i}}\right)^{\gamma_i}, \quad \sum_{i=1}^l \gamma_i = 1,$$

$$f(k_{\text{Н}}) = q_1 (\exp(q_2 \cdot k_{\text{Н}}) - 1),$$

$$g(k_{\text{ТХС}}) = \exp \gamma \cdot (k_{\text{ТХС}} - 1),$$

де $Z_{\text{ДЗН}}(t_0)$ — очікувані витрати на виготовлення нового дослідного зразка на момент часу ви-

конання розрахунків t_0 ; $Z_{\text{ДЗА}}(t_0)$ — приведені до економічних умов України на момент часу t_0 витрати на виготовлення дослідного зразка виробу-аналога; $k_{\text{Н}}$ — коефіцієнт новизни нового зразка по відношенню до виробу-аналога, $k_{\text{Н}} \in (0-1)$; $k_{\text{ТР}}$ — коефіцієнт відносного технічного рівня нового зразка по відношенню до виробу-аналога; $Z_{\text{Н}}$ — очікувані витрати на виконання ДКР нового зразка; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — коефіцієнти питомої ваги вартості етапів ДКР виробу-аналога; $k_{\text{ТС}}$ — коефіцієнт відносної технічної складності нового зразка; $k_{\text{ТХС}}$ — коефіцієнт відносної технологічної складності нового зразка; $Z_{\text{ПВН}}(t_0)$ — очікувані витрати на підготовку виробництва нового зразка; $Z_{\text{ПВА}}(t_0)$ — витрати на підготовку виробництва аналога, приведені до економічних умов України на момент часу t_0 ; $\tau_{\text{Ні}}, \tau_{\text{Аі}}$ — технічні характеристики нового зразка та аналога відповідно; γ_i — ваговий коефіцієнт важливості i -го показника ТТХ; $\alpha, \beta, q_1, q_2, \gamma$ — емпіричні коефіцієнти, характерні для даного класу виробів КТ; $P_{\text{Н}}, P_{\text{А}}$ — рівень надійності нового зразка та аналога відповідно.

Вартість ДКР в основному визначається приведеною до економічних умов України вартістю дослідного зразка виробу-аналога, технічними та технологічними параметрами, що характеризують відмінність нової конструкції від виробу-аналога, такими як: рівень новизни ($k_{\text{Н}}$), відносний технічний рівень ($k_{\text{ТР}}$), коефіцієнти відносної технічної та технологічної складності нової конструкції ($k_{\text{ТС}}, k_{\text{ТХС}}$ тощо).

З практичного досвіду проектування виробів космічної техніки встановлено, що залежність $Z_{\text{Н}} = F(Z_{\text{А}}, k_{\text{Н}}, k_{\text{ТР}}, k_{\text{ТС}}, k_{\text{ТХС}})$ в загальному випадку має нелінійний характер, але при відносно невеликих відмінностях нового виробу від виробу-аналога простежується лінійна залежність.

КОМПЛЕКСНИЙ КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТІВ

В основу приведеного методологічного підходу покладено узагальнений критерій оцінки ефективності проектів у вигляді «Вигоди* — затра-

ти — технічна ефективність». Структура такого критерію обумовлена тим, що проекти зі створення нової космічної техніки виконуються в інтересах держави і мають, як правило, подвійне призначення.

Виходячи з приведених вище особливостей космічної техніки, узагальнена статистика критерію ефективності (КРЕ) проектів трансформується у таку формалізовану структуру:

$$\begin{aligned} \text{КРЕ} &= \langle W, Z, T, R \rangle, \\ W &= \langle W_1, W_2 \rangle, R = \langle R_1, R_2 \rangle, \\ W_1 &= \frac{\text{КЕ}}{Z}, W_2 = k_{\text{ТЕ}}, \end{aligned} \quad (1)$$

де W — ефективність, Z — затрати на реалізацію проекту, T — тривалість виконання ДКР, R — ступінь ризику при реалізації проекту, W_1 — співвідношення величини очікуваного корисного ефекту до величини затрат (аналог економічної ефективності в інвестиційних проектах цивільного призначення), W_2 — показник технічної ефективності $k_{\text{ТЕ}}$, який визначає рівень конкурентоспроможності та рівень досконалості новітнього зразка, R_1 — ступінь ризику збільшення витрат на реалізацію проекту, R_2 — ступінь ризику зниження корисного ефекту, КЕ — корисний ефект.

З методичної точки зору проблемною є побудова структури й аналітичних виразів для кількісної оцінки показників W і R .

Наведений нижче методологічний підхід до визначення W і R сформовано на основі теоретичних положень [7, 8].

Для великомасштабних проектів державного значення, таких як ракетно-космічні комплекси, космічні системи тощо, залежно від області застосування одержаних результатів можуть бути такі види корисних ефектів:

- прямий економічний або комерційний ефект ($E_{\text{Е}}$);
- непрямий економічний ефект ($E_{\text{НЕ}}$);
- технологічний ефект ($E_{\text{Т}}$);
- ефект в сфері національної безпеки і оборони ($E_{\text{НБО}}$);
- соціальний ефект ($E_{\text{С}}$);
- екологічний ефект ($E_{\text{ЕК}}$);
- зовнішньополітичний ефект ($E_{\text{ЗП}}$).

* Вигоди, стосовно проектів космічної техніки, трансформуються у корисний ефект.

Корисний ефект зручно представити у вигляді кортежу:

$$KE = \langle E_E, E_{HE}, E_{HBO}, E_T, E_C, E_{EK}, E_{ЗП} \rangle.$$

Слід зазначити, що методами прямого вимірювання можна визначити лише комерційний ефект.

Величина корисного ефекту від застосування космічних систем і космічних ракетних комплексів значною мірою визначається їхніми основними технічними й експлуатаційними характеристиками $\{\tau_i\}$, умовами застосування (UP), тривалістю ДКР (T), тривалістю життєвого циклу ($T_{жц}$) та технічним рівнем нового зразка космічної техніки (k_{TP})

$$KE = F(\{\tau_i\}, UP, T, T_{жц}, k_{TP}).$$

Прямий економічний ефект (E_E) є різницею між сумою одержаного валового доходу (виручки) та сумою понесених витрат у процесі створення та експлуатації (використання) нового зразка КТ. Прямий економічний ефект еквівалентний чистому прибутку, що утворюється в результаті виробництва та реалізації КТ на ринку космічної продукції та послуг. Економічне вимірювання цього ефекту забезпечується методами бухгалтерського обліку.

Непрямий економічний ефект (E_{HE}) є частиною чистого прибутку, що утворюється за рахунок використання космічних технологій у сферах господарської діяльності, наприклад сільське та лісове господарство, розвідка родовищ корисних копалин, картографія тощо. Пряме економічне вимірювання цього ефекту неможливе, але його можна розрахувати з використанням наявної бухгалтерської та статистичної інформації. Таким чином забезпечується непряме економічне вимірювання цього ефекту.

Ефект у сфері національної безпеки і оборони (E_{HBO}) визначається:

- економією державних коштів, необхідних для забезпечення сучасного рівня національної безпеки і оборони, за рахунок використання космічних технологій;

- величиною можливих додаткових економічних вигод держави, що можуть бути отримані за рахунок прийняття державних управ-

лінських рішень на основі достовірної космічної інформації;

- величиною зниження збитків держави від можливих техногенних та природних катаклізмів за рахунок широкого використання космічної та навігаційної інформації.

Ефект E_{HBO} не підлягає прямому виміру у грошових одиницях, але його можна оцінити у грошовому вимірі шляхом використання математичних моделей, побудованих на основі розмитих множин та нечіткої логіки. Станом на сьогодні жоден проект в сфері космічної техніки, крім систем супутникового зв'язку, не є вигідним з комерційної точки зору. Незважаючи на це, багато країн активно розвивають або намагаються створити власний національний ракетно-космічний потенціал. Слід зазначити, що для проектів КТ комерційна складова є лише намаганням здешевити розробку, виробництво та експлуатацію нових зразків космічної техніки в інтересах національної безпеки і оборони.

Технологічний ефект E_T визначається складом і характеристиками нових конструкцій і технологій, які будуть створені у процесі виконання ДКР, і можуть бути використані при виготовленні нових зразків КТ, а також при трансфері новітніх технологій. Цей ефект піддається вимірюванню у грошових одиницях, але воно значно складніше, ніж вимірювання непрямого економічного ефекту.

Соціальний ефект E_C визначається масштабом і тривалістю виробництва, технічною й технологічною складністю виробництва нових зразків КТ, зростанням числа робочих місць та реальної заробітної плати. Оцінювання величини очікуваного соціального ефекту у грошовому вимірі у більшості випадків можливе [3], але є дуже складним. На основі експертних оцінок величина соціального ефекту для проектів КТ має величину, близьку до похибки оцінки корисного ефекту у сфері національної безпеки і оборони та технологічного ефекту. Виходячи з цього, у процесі фінансово-економічного обґрунтування проектів космічної техніки недоцільно провадити оцінювання соціального ефекту у грошовому вимірі.

Екологічний ефект E_{EK} визначається технологічними та експлуатаційними характерис-

тиками нових зразків, складом і величиною можливих викидів у навколишнє середовище та потенційними вигодами, обумовленими зниженням величини екологічного збитку за рахунок оперативного виявлення негативної зміни екологічного стану навколишнього середовища. Цей ефект піддається оцінці у грошових одиницях шляхом непрямого вимірювання.

Зовнішньополітичний ефект $E_{зп}$ визначається економією державних коштів, необхідних для створення та підтримки геополітичного іміджу країни, та можливими вигодами України у сфері міжнародного співробітництва в області промислового використання космосу. Ефект $E_{зп}$, так як і ефект $E_{нбо}$, не піддається прямому вимірюванню у грошових одиницях, але його можна оцінити з використанням математичних моделей на основі розмитих множин та нечіткої логіки.

Підтвердженням можливості оцінки у грошовому вимірі корисних ефектів, що не можуть бути визначені за допомогою прямих вимірювань, може слугувати оцінка корисного ефекту від використання зразків космічної техніки Європейським космічним агентством [10].

Для проектів зі створення космічної техніки корисний ефект доцільно розкласти на три складові частини: прямий економічний дохід (у формі чистого дисконтованого доходу), непрямий дохід (як оцінка одержаних суспільством непрямих економічних вигод), та інші додаткові вигоди (трансфер новітніх технологій, зростання безпеки і оборони країни, зростання політичної ваги на міжнародному рівні тощо).

Виходячи з виразу (1), для технічних систем подвійного призначення за показники ефективності доцільно вибрати мінімально допустиму та найбільш інформативну множину техніко-економічних параметрів: коефіцієнт вигод-затрат $k_{вз}$; приведений індекс дохідності $I_{дп}$; інтегральний показник технічної ефективності $k_{те}$:

$$k_{вз} = \frac{ЧДД + НД + ДВ}{ДВІ},$$

$$I_{дп} = \frac{ЧДД}{ДВІ \cdot (1 - \eta_{нбо})},$$

$$k_{те} = \alpha_T \cdot k_{трс},$$

де ЧДД — чистий дисконтований дохід; НД — сукупність непрямих доходів, що очікуються від використання РКК та КС; ДВ — додаткові вигоди від використання космічних технологій у сфері національної безпеки і оборони, трансферу новітніх технологій, підвищення політичної ваги країни на міжнародному рівні тощо; ДВІ — дисконтована вартість інвестицій; $\eta_{нбо}$ — питома вага використання технічного ресурсу РКК та КС в інтересах національної безпеки і оборони; α_T — статистичний коефіцієнт пропорційності; $k_{трс}$ — показник технічного рівня для РН або КА відносно кращих світових зразків (характеризує досконалість зразка та його потенційну конкурентоспроможність на світовому ринку).

У випадку, коли параметр $\eta_{нбо} \approx 0$, критерій ефективності (1) трансформується у критерій визначення економічної ефективності ДКР цивільного призначення. У випадку, коли $\eta_{нбо} \approx 1$, критерій ефективності (1) трансформується у критерій цільової ефективності (вірогідність виконання цільової задачі).

ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПРОЕКТІВ

Як показує світовий досвід, ДКР зі створення зразків новітньої космічної техніки належать до класу проектів з високим ризиком. Непоодинокі випадки, коли фактична вартість реалізації цього класу проектів може перевищувати у 2–3 рази початкову вартість, а корисний ефект може бути нижчим у декілька разів від очікуваної величини, яка була визначена на передпроектній стадії та стадії ескізного проектування.

Виходячи з цього, для ДКР зі створення новітніх зразків космічної техніки доцільно визначити два основних ризики:

- ризик збільшення витрат на реалізацію;
- ризик зменшення величини корисного ефекту внаслідок можливого зниження фактичного показника технічного рівня, збільшення терміну виконання ДКР, високого рівня невизначеності статистичних та прогнозних даних, які використовуються при проведенні розрахунків величини корисного ефекту.

За показник рівня ризику доцільно використовувати від'ємну різницю між можливим фактичним значенням корисного ефекту та його но-

мінальним (найбільш очікуваним) значенням, а також міру можливості виникнення подібних відхилень від номінальних значень.

Відповідно до комплексного критерію ефективності (1) для проектів подвійного призначення найбільш істотними є три види ризиків: економічний; технічний; часовий.

Економічний ризик включає:

- ризик збільшення витрат на виконання ДКР;
- ризик зниження прямого доходу (чистий дисконтований дохід) від використання результатів ДКР;
- ризик зниження непрямих доходів та величини додаткових вигод.

Технічний ризик – це можливе погіршення фактичних тактико-технічних характеристик нових зразків космічної техніки відносно необхідних (зниження технічного рівня).

Часовий ризик – це можливість невиконання запланованої тривалості ДКР.

Перераховані види ризику інтегруються в складі ризиків збільшення витрат та зменшення корисного ефекту, тому для оцінки ефективності проекту до складу критерію ефективності достатньо включити тільки узагальнені ризики.

В формалізованому поданні рівень ризику можна записати як:

$$R_1 = \langle Z_\Phi - Z_{\text{НОМ}}, P_Z \rangle,$$

$$R_2 = \langle KE_\Phi - KE_{\text{НОМ}}, P_{KE} \rangle,$$

де R_1 – рівень ризику збільшення витрат; Z_Φ – можливі фактичні витрати на реалізацію проекту; $Z_{\text{НОМ}}$ – номінальні (найбільш очікувані) витрати на реалізацію проекту; P_Z – оцінка міри можливості того, що фактичні витрати складуть величину Z_Φ ; R_2 – рівень ризику зменшення величини корисного ефекту; KE_Φ – можлива величина фактичного корисного ефекту; $KE_{\text{НОМ}}$ – номінальна очікувана величина корисного ефекту; P_{KE} – оцінка міри можливості зниження корисного ефекту до величини KE_Φ .

Виходячи з того, що визначення очікуваних витрат на реалізацію проекту провадиться на основі наявних статистичних даних, за міру рівня ризику зростання витрат зручно використовувати стандартне відхилення σ :

$$Z_\Phi - Z_{\text{НОМ}} = q \cdot \sigma, P_Z = F(q, \sigma).$$

З огляду на те, що при проведенні розрахунків очікуваних витрат на виконання ДКР використовуються дані за зразками-аналогами, які лише тією чи іншою мірою можуть бути близькими до достовірних значень, то стандартне відхилення можна оцінити у першому наближенні так:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(q_j \frac{1 - \delta_j}{3} \right)^2} \cdot \sqrt{\Delta T + 1},$$

$$q_j = \frac{\partial Z_{\text{НОМ}}}{\partial p_j},$$

де q_j – чутливість очікуваних витрат на можливу варіацію значень даних, які використовуються при розрахунках витрат на ДКР; p_j – значення j -го компонента вхідних даних, який має властивості невизначеності; δ_j – середній рівень достовірності j -го компонента вхідних даних; ΔT – строк затримки виконання проекту (рік); q – коефіцієнт, що визначає ширину довірчого інтервалу.

Більш точно значення рівня ризику зростання витрат на виконання ДКР можуть бути одержані методом імітаційного моделювання процесу ДКР з використанням математичних моделей на основі розмитих множин.

Визначення рівня ризику зменшення корисного ефекту R_2 доцільно провадити методом комп'ютерного моделювання:

а) на початковій стадії визначається номінальна величина корисного ефекту, яка може бути одержана шляхом прямого розрахунку для номінальних вхідних даних (базовий варіант);

б) рівень ризику зниження величини корисного ефекту доцільно визначати з використанням імітаційного моделювання.

Таким чином, визначаються необхідні для розрахунків рівня ризику величини R_{KE} , P_{KE} :

$$R_{KE} = KE(M) - KE(M^*),$$

$$P_{KE} \approx \frac{N_1(M, M^*)}{N},$$

де R_{KE} – можлива величина зниження корисного ефекту через наявність факторів ризику (в тому числі можливих аварійних ситуацій); $KE(M^*)$ – величина очікуваного корисного

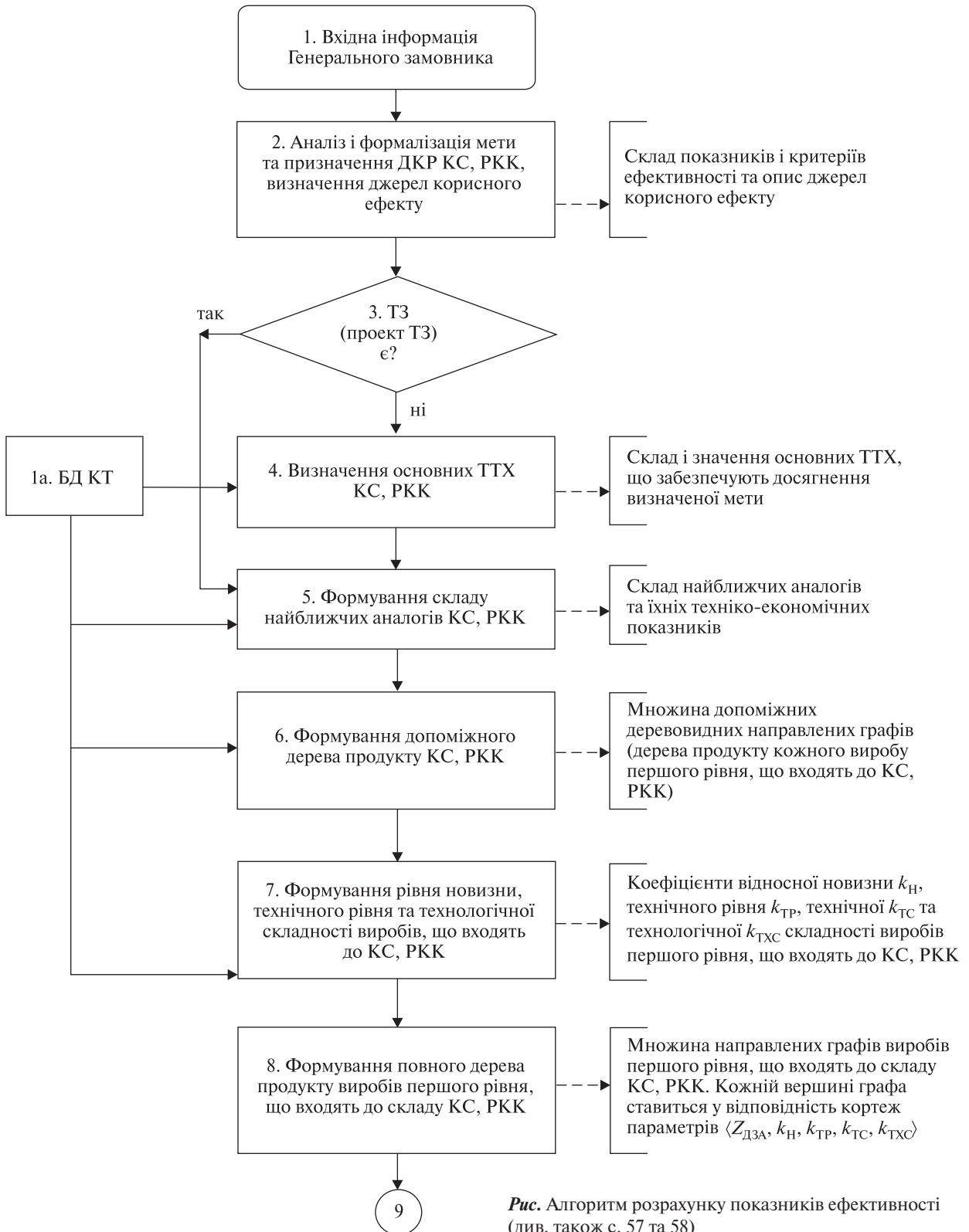


Рис. Алгоритм розрахунку показників ефективності (див. також с. 57 та 58)

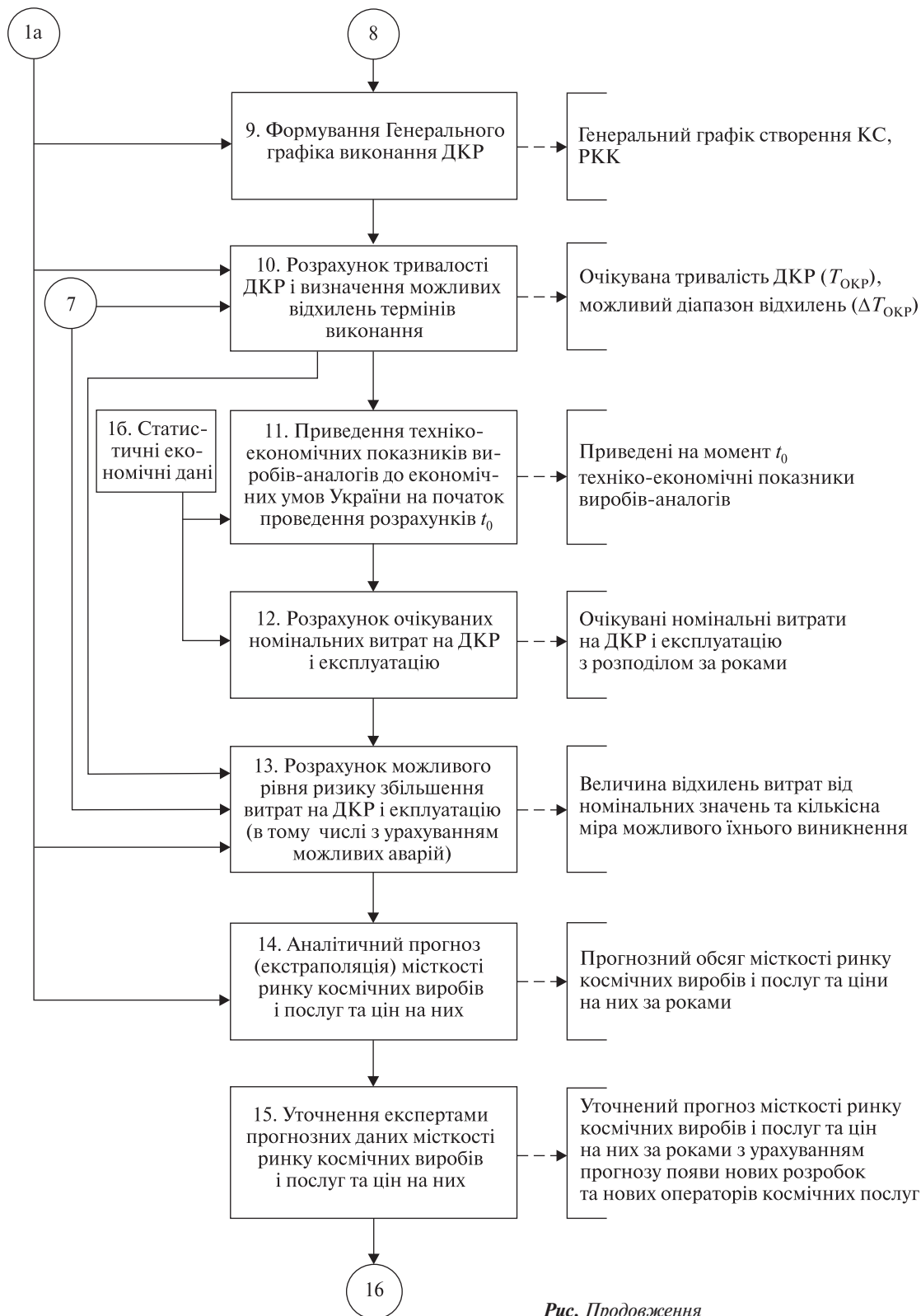
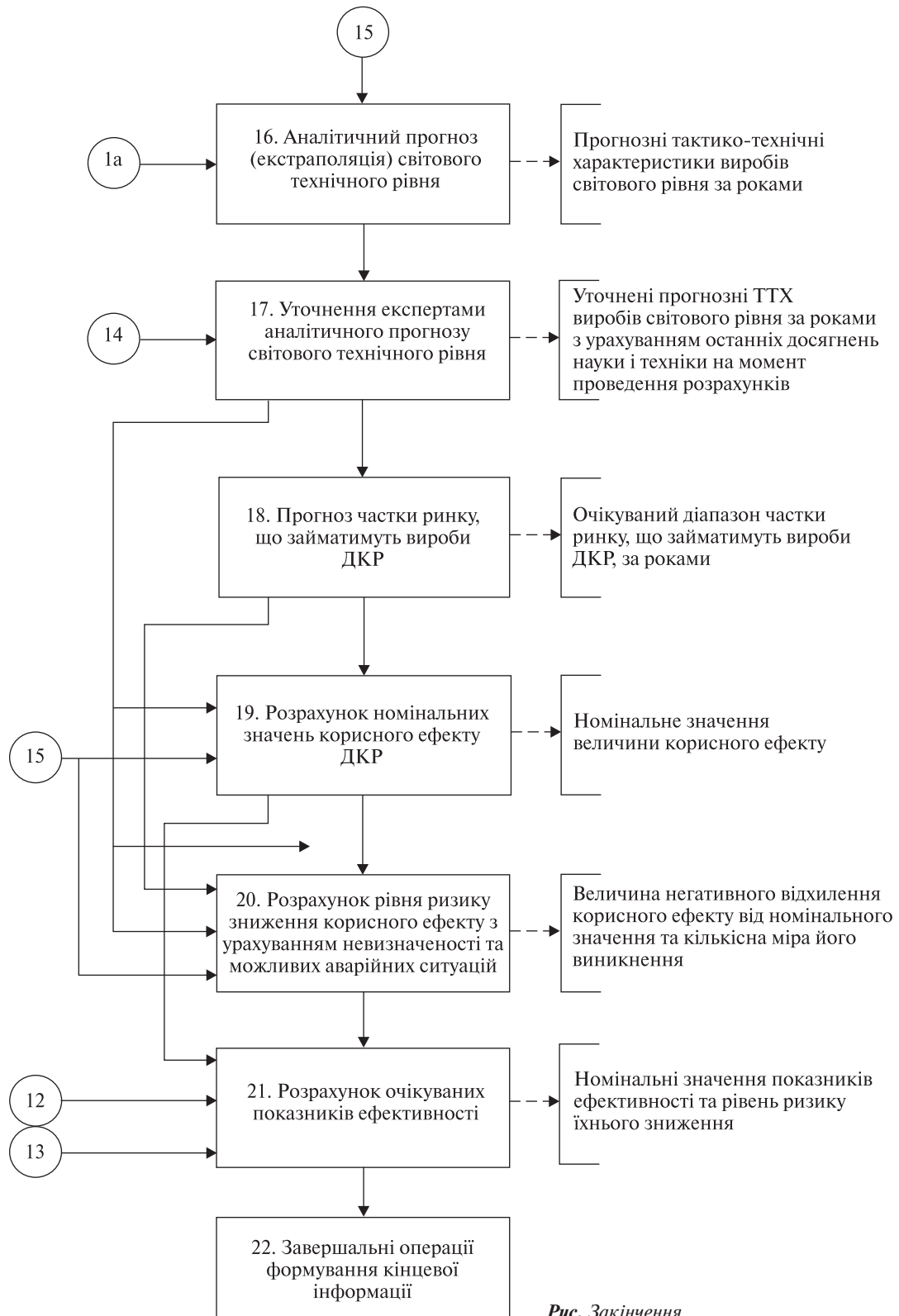


Рис. Продовження



ефекту для множини номінальних (найбільш очікуваних) значень вхідних даних (M^*) — базовий варіант; $KE(M)$ — величина можливого корисного ефекту з урахуванням факторів ризику; $N_1(M, M^*)$ — кількість випадків, що може виникнути в процесі проведення комп'ютерних експериментів, при яких $|R_{KE}| \leq Q_3$; N — загальна кількість комп'ютерних експериментів; Q_3 — значення допустимої величини зниження корисного ефекту.

Для ілюстрації методологічного підходу до розрахунків очікуваних показників ефективності ДКР космічних систем та космічних комплексів на рисунку приведено укрупнений алгоритм їхнього розрахунку.

ВИСНОВКИ

1. Приведено методологічний підхід до фінансово-економічного обґрунтування проектів зі створення космічної техніки, на основі якого може бути створено методичну базу для проведення розрахунків з обґрунтування майбутніх космічних проектів і програм.

2. Сформовано систему критеріїв ефективності для оцінки проектів зі створення космічної техніки, яка базується на показниках: економічна ефективність (коефіцієнт вигод-затрат, індекс дохідності), очікувані затрати, технічна ефективність та ступінь ризику.

3. Приведений в статті методологічний підхід використовувався при фінансово-економічному обґрунтуванні Концепції реалізації державної політики України у сфері космічної діяльності на період до 2032 року та Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013—2017 роки.

1. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика: 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Дело, 2002. — 888 с.
2. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей: приложения к представлению знаний в информатике. — М.: Радио и связь, 1990.
3. Иванов Г. И. Инвестиционный менеджмент. — Ростов на Дону: Феникс, 2001. — 320 с.

4. Інформаційно-аналітична система щодо забезпечення маркетингової діяльності на світовому ринку транспортно-космічних послуг (розроблена ІТМ НАНУ і ДКАУ за контрактом з ДКАУ, знаходиться в ДКАУ і підтримується в актуальному стані).
5. Концепція реалізації державної політики України у сфері космічної діяльності на період до 2032 року // Урядовий кур'єр. — 2011. — 24 травня (№ 92).
6. Методика визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво (Затверджена Міністерством економіки та з питань європейської інтеграції та Міністерством фінансів України 26.09.2001 р. № 218/446). — Режим доступу http://www.uazakon.com/documents/date_2o/pg_igwzop.htm
7. Надежность и эффективность в технике: справочник: В 10 т. — М.: Машиностроение, 1988. — Т. 3: Эффективность технических систем / Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. — 328 с.
8. Пилипенко О. В., Переверзев Е. С., Алпатов А. П. та ін. Эффективность научно-технических проектов и программ. — Днепропетровск: Пороги, 2008. — 509 с.
9. Савчук В. П., Прилипко С. И., Величко Е. Г. Анализ и разработка инвестиционных проектов. — Киев: Абсолют-В, Эльга, 2000. — 304 с.
10. Robinson P., Morel de Westgaver E. Economic Benefits from ESA Programmes. — Netherlands, Nordwijk: ESA Publications Division, 2000. — 38 p.

Стаття надійшла до редакції 10.10.14

А. П. Алпатов, В. Т. Марченко,
П. П. Хорольский, Н. П. Сазина

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Описан методологический подход к финансово-экономическому обоснованию проектов по созданию космической техники по показателям затрат, экономической и технической эффективности и рисков.

А. Р. Alpatov, V. T. Marchenko,
P. P. Khorolskyi, N. P. Sazina

METHODOLOGY FOR FINANCIAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF CONCEPTUAL PROBLEMS IN ROCKET-SPACE INDUSTRY

We consider our methodology approach developed for financial and economic feasibility of conceptual problems in rocket-space industry under the following criteria: costs, potential useful effect, and risks.