УДК 621.002.56 https://doi.org/10.15407/itm2023.03.058

Н. П. САЗІНА, Л. Г. ЖУКОВА

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ОЧІКУВАНОЇ ВАРТОСТІ ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКИХ РОБІТ ЗІ СТВОРЕННЯ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Інститут технічної механіки
Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail:sazinana@ukr.net

Мета роботи – визначення особливостей розрахунку очікуваної вартості дослідно-конструкторських робіт зі створення космічних апаратів (КА).

Дослідження проведено на базі методичного підходу до розрахунку очікуваної вартості виконання дослідно-конструкторських робіт зі створення космічних апаратів. В основу цієї вартісної моделі покладено метод покомпонентної аналогії відносно простих складових частин КА, використання руху по гілках зваженого орієнтованого деревовидного графа, який є моделлю технічної структури КА, та методи нечіткої математики. Проведення розрахунків з використанням даного методичного підходу дозволить отримувати необхідні показники очікуваної вартості дослідно-конструкторських робіт ще на початкових стадіях розробки КА, коли використання стандартизованого методу калькуляції та параметричних методів ускладнено через недостатню повну наявність відпрацьованої конструкторської і технологічної документації та статистичних даних щодо трудомісткості та матеріаломісткості таких робіт.

Переведення значення показника з нечіткого числа на нечіткому інтервалі в точне число, застосоване для визначення коефіцієнтів новизни конструкції, складності розробки та автоматизації робіт дозволяють зменшити вплив суб'єктивних факторів.

Проведення розрахунків техніко-економічних показників КА з використанням всіма співвиконавцями дослідно-конструкторських робіт однакового методичного підходу дозволяє підвищити точність та зменшити часовий ресурс розрахункового процесу. А системне проведення таких розрахунків – наповнити галузеву статистичну базу даними щодо трудомісткості та матеріаломісткості робіт, потрібними для визначення вартісних показників нових зразків космічних апаратів та їх складових з використанням єдиного понятійного пакета – глосарія.

В статті представлено послідовність розрахунку вартості дослідно-конструкторських робіт зі створення космічних апаратів, наведено опис необхідних вхідних даних, форму представлення вихідних даних.

Ключові слова: *вартісна модель, дослідно-конструкторська робота, методика, космічний апарат, розрахунок вартості.*

The aim of this work is to identify the features of expected cost estimation for R&D's on spacecraft development.

The study is based on a methodological approach to expected cost estimation for R&D's on spacecraft development. The cost estimation model is based on a method of componentwise analogy for relatively simple spacecraft components, moving along the edges of a weighted oriented tree graph that models the spacecraft technical structure, and fuzzy mathematics methods. The methodological approach will allow one to obtain required R&D expected cost indices early in the spacecraft development when the standardized cost estimation method and parametric methods are difficult to use because of the insufficiency of bug-free design and manufacture documentation and statistical data on labor intensiveness and materials consumption.

The design novelty, R&D complexity, and work automation coefficients are determined by converting the index value from a fuzzy number in a fuzzy interval into a crisp number, thus allowing one to reduce the effect of subjective factors.

Calculating the engineering-and-economical indices of a spacecraft by all R&D participants using the same methodological approach increases the accuracy and shortens the time of the computational process. Conducting the calculations in a systematic way will fill the statistical base of the space sector with labor intensiveness and materials consumption data needed for estimating the cost of new spacecraft and components thereof using a unified concept package – a glossary.

The paper presents the operation sequence of estimating the cost of R&D on spacecraft development and describes the required input data and the output data format.

Keywords: *cost estimation model, R&D, procedure, spacecraft, cost estimation.*

Складність проведення з достатньою точністю розрахунків очікуваної вартості космічних апаратів і ракетно-космічної техніки загалом обумовлена впливом таких чинників: високий рівень новизни, наукової ємності й надзвичайно високої технологічної складності виробів ракетно-космічної техніки, а також тривалий цикл їхньої розробки; значний вплив суб'єктивного фактора на величину очікуваних витрат. Процес розрахунку вартісних показників в

України не достатньо формалізований та впорядкований: співвиконавці дослідно-конструкторських робіт (ДКР) розраховують свої витрати за своїми внутрішніми стандартами (або інструкціями); має місце значний рівень невизначеності початкових даних, що використовуються у процесі проведення розрахунків [1]. Це зумовило необхідність розробки більш формалізованого методичного підходу до розрахунку очікуваної вартості виконання ДКР зі створення космічних апаратів (КА) для використання на підприємствах-співвиконавцях ракетно-космічної галузі країни [2]. Цей методичний підхід дозволяє визначити очікувану вартість ДКР на початкових стадіях розробки нових зразків КА, коли ще не відпрацьована конструкторська і технологічна документація, і через це використання стандартизованого методу калькуляції є неприйнятним. А використання параметричних методів неможливе через відсутність галузевої статистичної бази даних трудомісткості та матеріаломісткості таких робіт.

Вхідні дані, необхідні для розрахунку очікуваної вартості. Вартість ДКР КА складається з поетапних витрат на виконання робіт зі створення космічного апарата та його складових частин. Для компактного представлення вартісної моделі КА введено два допоміжні математичні об'єкти: $Gz(V,D)$ – зважений орієнтований деревовидний граф, еквівалентний технічній структурі КА, де V – множина вершин, а D – множина дуг або ребер, та $Ge(E,W)$ – орієнтований деревовидний граф, еквівалентний структурі етапів та підетапів виконання ДКР, де E – множина вершин, W – множина дуг.

Вхідні дані щодо технічної структури КА задаються у формі схеми поділу. Вершинам графа $Gz(V,D)$ у цьому випадку відповідають технічні вироби, з яких складається КА:

– системи КА та в ранзі систем цільова апаратура (сканери, радіолокатори, транспондери), наземне допоміжне обладнання (механічне, електричне, пневматичне) (C_i) – перший рівень ієрархії РІ=1;

– підсистеми (C_{ij}) – другий рівень ієрархії РІ=2;

– блоки (C_{ijk}) – третій рівень ієрархії РІ=3.

Треба зауважити, що в залежності від складності КА, його структура може мати і більше ієрархічних рівнів.

ДКР зі створення космічного апарата (множина E) налічує в своєму складі більше 40 робочих етапів різного рівня ієрархії. Приведемо перелік етапів верхнього рівня ієрархії ДКР:

– ескізний проєкт;

– технічний проєкт (складається з проєктної документації та лабораторних відпрацювальних випробувань);

– робоча конструкторська документація (складається з конструкторської та експлуатаційної документації);

– підготовка експериментальної бази (складається з технологічної документація та робіт з підготовки експериментальної бази);

– підготовка виробничої бази (складається з технологічної документація та робіт з підготовки виробничої бази);

– автономне відпрацювання складових частин КА (складається з виготовлення зразків складових частин та експериментальне відпрацювання зразків складових частин);

– комплексне відпрацювання КА (складається з комплексного відпрацювання повномасштабного, силового та антенного макетів та інженерної моделі КА);

– виготовлення льотного зразка (ЛЗ) (складається з виготовлення складових ЛЗ, збирання, налагодження електричних випробувань, вимірювання масо-центровочних характеристик, вимірювання електромагнітних характеристик, приймально-здавальних випробувань, підготовки до транспортування ЛЗ).

Структура КА та структура ДКР у табличному виді формуються Головним розробником на початку робіт і розсилаються всім організаціям-співвиконавцям.

Перелік робіт, що проводяться в процесі ДКР кожного виробу на кожному етапі формується організаціями-виконавцями з використанням зазначених вище таблиць.

Головним розробником проводиться класифікація ДКР зі створення КА за ознакою ступеня новизни розробки, формується та надається кваліфікаційна таблиця наступного складу:

– C_H – ступінь новизни виробу, має значення від "0" до "7";

– новизна розробки – нечітка лінгвістична змінна, яка має відповідно значення: "запозичується раніше створений зразок"; "незначна модернізація аналога"; "середня модернізація аналога"; "істотна модернізація аналога"; "нова розробка стосовно аналога"; "суттєво нова розробка стосовно аналога"; "розробка зразка наступного покоління"; "принципово новий зразок стосовно вітчизняного прототипу";

– a, m, n, b – показники нечіткого інтервалу значень (в %) ступеня новизни розробки ДКР, де $[m, n]$ – інтервал найбільш можливого значення.

Дані таблиці використовуються для розрахунку K_H – коефіцієнта новизни конструкції виробу C по відношенню до вироба-аналога [2], [3].

Розрахунки очікуваної вартості проводяться з використанням також наступних показників:

– новизна розробки для кожного виробу визначається Головним розробником;

– $K_{СЛ}$ – коефіцієнт технічної складності виробу, можна представити як показову функція від технічного рівня вироба

$$K_{СЛ}(C) = \left(\frac{1 - K_{ТУ}(C^{(a)})}{1 - K_{ТУ}(C)} \right)^{\beta},$$

де – нечітке число на нечіткому інтервалі $[c, p, s, d]$, $[p, s]$ – інтервал найбільш можливого значення. Параметри c, p, s, d визначаються Головним розробником КА, залежать тільки від типу КА і використовуються для розрахунку $K_{СЛ}$ всіх складових виробів. $K_{ТУ}(C)$ та $K_{ТУ}(C^{(a)})$ – показники технічного рівня відповідно нового виробу та його аналога, визначаються за окремим методичним підходом [4], [5] та надаються виробниками складових виробів КА.

– $K_{AB}\left(R_{e,q}(C)\right)$ – коефіцієнт рівня автоматизації роботи по відношенню до аналогічної роботи ДКР виробу-аналога, значення надається організацією-виробником;

– $TR^{a}_{e,q}(C)$ – трудомісткість (люд. місяць) роботи по виробу-аналогу, надається організаціями-виконавцями;

– Q_{BP} – середньомісячний виробіток на 1 працівника Q_{BP} надається підприємствами-виконавцями.

Послідовність розрахунку очікуваної вартості ДКР зі створення КА. Розрахунок очікуваної вартості проводиться для кожного виробу для кожного етапу, підетапу розробки. Сума отриманих значень визначає очікувану вартість виробу-об’єкта розрахунку. Такі розрахунки проводяться для всіх складових КА, а їх сума є оцінкою витрат на створення КА.

Узагальнена блок-схема розрахунків вартості складових виробів КА складається з таких обчислювальних блоків:

– блок 1 – перевірка користувача на право допуску до робіт з розрахунку вартості виробу;

– блок 2 – вибір об’єкта, для якого виконується розрахунок очікуваної вартості;

– блок 3 – визначення коефіцієнтів K_H, $K_{СЛ}$, K_{AB};

– блок 4 – розрахунок очікуваної вартості об’єкта з використанням уніфікованого блоку розрахунку вартості.

– блок 5 – формування вихідних даних очікуваної вартості виробів C відповідно до рівня ієрархії;

– блок 6 – видача підсумкової таблиці вихідних даних.

Опис алгоритму уніфікованого блоку розрахунку вартості. Даний блок застосовується для розрахунку очікуваної вартості для всіх варіантів комбінації виріб–етап (C,e).

Крок 1. Розрахувати трудомісткість роботи $TR_{e,q}(C)$ (в циклі для $q=\overline{1,Q}$ етапу e вибраного виробу C):

$$TR_{e,q}(C) = TR^{a}_{e,q}(C)\cdot K_H\left(R_{e,q}(C)\right)\cdot K_{СЛ}\left(R_{e,q}(C)\right)\cdot K^{-1}_{AB}\left(R_{e,q}(C)\right),\quad q=\overline{1,Q},$$

де $TR^{a}_{e,q}(C)$ – трудомісткість (люд. місяць) роботи $R_{e,q}$ зі створення виробу-аналога; $K_H\left(R_{e,q}(C)\right)$ – коефіцієнт новизни конструкції виробу C по відношенню до виробу-аналога з прив’язкою до виду роботи $R_{e,q}(C)$; $K_{СЛ}\left(R_{e,q}(C)\right)$ – коефіцієнт відносної технічної складності виробу по відношенню до виробу-аналога з прив’язкою до виду роботи $R_{e,q}(C)$; $K_{AB}\left(R_{e,q}(C)\right)$ – коефіцієнт відносного рівня автоматизації роботи $R_{e,q}(C)$ по відношенню до аналогічної роботи ДКР виробу-аналога.

Докладний опис виразів для визначення коефіцієнтів K_H, $K_{СЛ}$, K_{AB} приведено в [2]. Індекс q, що входе до складу базових змінних, означає порядковий номер роботи, яка виконується в процесі ДКР узагальненого виробу C на узагальненому етапі робіт e, та належить множині $Q(C,E)$.

Крок 2. Розрахувати чисту вартість роботи $VtR_{e,q}(C)$ (в циклі для $q = \overline{1,Q}$)

$$VtR_{e,q}(C) = TR_{e,q}(C) \cdot Q_{BP}(C), \quad q = \overline{1,Q},$$

де $Q_{BP}(C)$ – середньомісячний виробіток на одного працівника на підприємстві-розробнику виробу C .

Крок 3. Визначити загальну вартість матеріалів $VtM_{e,q}(C)$, необхідних для виконання роботи $R_{e,q}(C)$.

3.1. Перевірити значення признаку про спосіб надання інформації щодо вартості матеріалів. Признак має два значення: 1 – таблиця вартості матеріалів за їх видами; 2 – сумарна вартість усіх матеріалів.

3.2. У першому випадку перейти до таблиці матеріалів, необхідних для даної роботи, обчислити вартість матеріалів (в циклі по кожному виду матеріалу $p = \overline{1,P_M}$), провести підсумовування результатів, повернутися до таблиці робіт, зберегти розрахований підсумковий результат $VtM_{e,q}(C)$

$$VtM_{e,q}(C) = \sum_{p}(K(M_{e,q,p}) \cdot Ц(M_p)), \quad p = \overline{1,P_M},$$

де $K(M_{e,q,p})$ і $Ц(M_p)$ – кількість матеріалу марки p, необхідного для виконання роботи $R_{e,q}(C)$ і ціна одиниці виміру цього матеріалу відповідно ($p = \overline{1,P_M}$, P_M – число марок матеріалів, необхідних для виконання роботи $R_{E,q}(C)$).

У другому випадку присвоїти значення, надане організацією-виконавцем.

Крок 4. Визначити загальну вартість покупних комплектуючих виробів $VtPKV_{e,q}(C)$, необхідних для виконання роботи $R_{e,q}(C)$.

4.1. Перевірити значення признаку про спосіб надання інформації щодо вартості ПКВ. Признак має два значення: 1 – таблиця вартості матеріалів за їх видами; 2 – сумарна вартість усіх матеріалів.

4.2. У першому випадку перейти до таблиці ПКВ, необхідних для даної роботи, обчислити вартість ПКВ (в циклі по кожному виду ПКВ $n = \overline{1,N_{PKV}}$), провести підсумовування результатів, повернутися до таблиці робіт, зберегти розрахований підсумковий результат $VtPKV_{e,q}(C)$

$$VtPKV_{e,q}(C) = \sum_{n}(K(PKV_{e,q,n}) \cdot Ц(PKV_n)), \quad n = \overline{1,N_{PKV}},$$

де $K(PKV_{e,q,n})$ і $Ц(PKV_n)$ – кількість ПКВ типу n, необхідних для виконання роботи $R_{e,q}(C)$ і ціна одиниці цього ПКВ відповідно ($n = \overline{1,N_{PKV}}$, N_{PKV} – число типів ПКВ, необхідних для виконання роботи $R_{e,q}(C)$).

У другому випадку присвоїти значення, надане організацією-виконавцем.

Крок 5. Розрахувати $oVt_e(C)$ – окрему вартість поточного етапу e для вибраного виробу C

$$oVt_e(C)=\sum_q (VtR_{e,q}(C)+VtM_{e,q}(C)+VtPKV_{e,q}(C)).$$

Крок 6. Розрахувати загальну вартість $Vt_e(C)$ поточного етапу e для вибраного виробу C.

6.1. Визначити кількість складових виробів, що безпосередньо входять до вибраного виробу C

$$s(C_{PI})=\sum C_{PI+1}.$$

6.2. Визначити сумарну вартість $\Delta Vt_e(C)$ виробів, що безпосередньо входять до складу вибраного виробу C.

Якщо складових нижчого рівня немає $s(C_{PI})=0$, $\Delta Vt_e(C)=0$,

інакше $\Delta Vt_e(C)=\sum_1^{s(C_{PI})} Vt_e(C_{PI+1})$.

Значення $Vt_e(C_{PI+1})$ знаходяться у вихідних таблицях складових виробів нижчого рівня ієрархії, для яких розрахунки проводяться раніше.

6.3. Розрахувати загальну вартість $Vt_e(C)$ поточного етапу e для вибраного виробу C з урахуванням вартості складових виробів

$$Vt_e(C)=oVt_e(C)+\Delta Vt_e(C),\ q\in Q(C,e).$$

Укрупнена блок-схема розрахунків вартості складових КА з рівнями ієрархії [0–3] приведена на рис. 2. Розрахунки для КА з більшою кількістю рівнів ієрархії складових виробів виконуються аналогічно. Детальний покроковий опис кожного блоку наведено нижче.

Блок 1. Перевірка користувача на право допуску до робіт з розрахунку вартості виробу.

1.1. Ввести особистий пароль користувача.

1.2. Якщо пароль правильний, продовжити роботу. Інакше вивести відповідне повідомлення.

Блок 2. Вибір об’єкта, для якого виконується розрахунок очікуваної вартості.

2.1. Вибрати із наданого списку виробів виріб C та визначити його рівень ієрархії: космічний апарат $C_0=C_{KA}$ – нульовий рівень ієрархії $PI=0$; система C_i – виріб, що безпосередньо входить до складу КА ($PI=1$); підсистема C_{ij} – виріб, що безпосередньо входить до складу системи ($PI=2$); блок C_{ijk} – виріб, що безпосередньо входить до складу підсистеми ($PI=3$).

Примітка. Розрахунок проводиться для вибраного об’єкту – виробу C та всіх виробів нижчих рівнів, що входять до його складу.

2.2. Підготовити набір вхідних даних для розрахунку очікуваної вартості.

Дані формуються для об’єкта розрахунку за кожним етапом, підетапом.

Після завершення формування вхідних таблиць, в разі відсутності деяких даних, створюється відповідне повідомлення.

2.3. Визначити максимальне значення рівня ієрархії виробів, що входять до складу об’єкта розрахунку $PI_{\max}(C)$.

Блок 3. Визначення коефцієнтів K_H, $K_{СЛ}$, K_{AB}.

Значення коефіцієнтів K_H, $K_{СЛ}$, K_{AB} надаються виробником або розраховується згідно [2].

Блок 4. Розрахунок очікуваної вартості об'єкта.

Розрахунок очікуваної вартості $Vt_e(C)$ проводиться для кожного виробу C для кожного етапу, підетапу e в циклі для кожного рівня ієрархії виробу від $C_{PI_{\max}}$ до C_{PI}, а в ньому в циклі індексу виробу, що дорівнює кількості складових виробів поточного рівня – k, j або i.

4.1. Вибрати таблицю даних щодо виробу $C_{PI_{\max}}$ в циклі індексу виробу:

– якщо $PI_{\max}$ =3, індекс виробу C_{ijk}, $k = \overline{1,K}$;

– якщо $PI_{\max}$ =2, індекс виробу C_{ij}, $j = \overline{1,J}$;

– якщо $PI_{\max}$ =1, індекс виробу C_i, $i = \overline{1,I}$;

– якщо $PI_{\max}$ =0, індекс виробу C_{KA}.

4.2. Провести розрахунок вартості виробу C рівня $PI_{\max}$ для кожного етапу, підетапу в циклі $e = \overline{1,E}$, використовуючи універсальний блок розрахунку вартості. Результати розрахунку занести у вихідну таблицю виробу C рівня $PI_{\max}$.

4.3. Розрахувати сумарну вартість етапу, підетапу всіх виробів C рівня $PI_{\max}$, результат занести в таблицю вихідних даних відповідно до рівня ієрархії.

$$\sum_{1}^{s(C_{PI_{\max}})} Vt_e\left(C_{PI_{\max}}\right) = \Delta Vt_e(C).$$

Блок 5. Формування вихідних даних очікуваної вартості виробів C відповідно до рівня ієрархії.

5.1. Розрахувати сумарну вартість виробу $Vt(C)$

$$Vt(C) = \sum_{1}^{E} Vt_e(C).$$

5.2. Сформувати таблицю вихідних даних виробу C.

Блок 6. Видача підсумкової таблиці вихідних даних (перегляд, формування файлу імпорту, архівація в БД, друкування).

Форма підсумкової таблиці вихідних даних пиведена на рис. 1.

Витрати на створення [виробу] за етапами, тис. грн.

Назва виробу С	ЕП	ТП	РКД	ПГВБ	ПГЕБ	АВсч	КВка	ЛЗ	Всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В цілому									
Примітка. ЕП – ескізний проєкт; ТП – технічний проєкт; РКТ – робоча конструкторська документація; ПГВБ – підготовка виробничої бази; ПГЕБ – підготовка експериментальної бази; АВсч – автономне відпрацювання складових частин КА; КВка – комплексне відпрацювання КА; ЛЗ – виготовлення льотного зразка									

Рис. 1 – Форма підсумкової таблиці вихідних даних

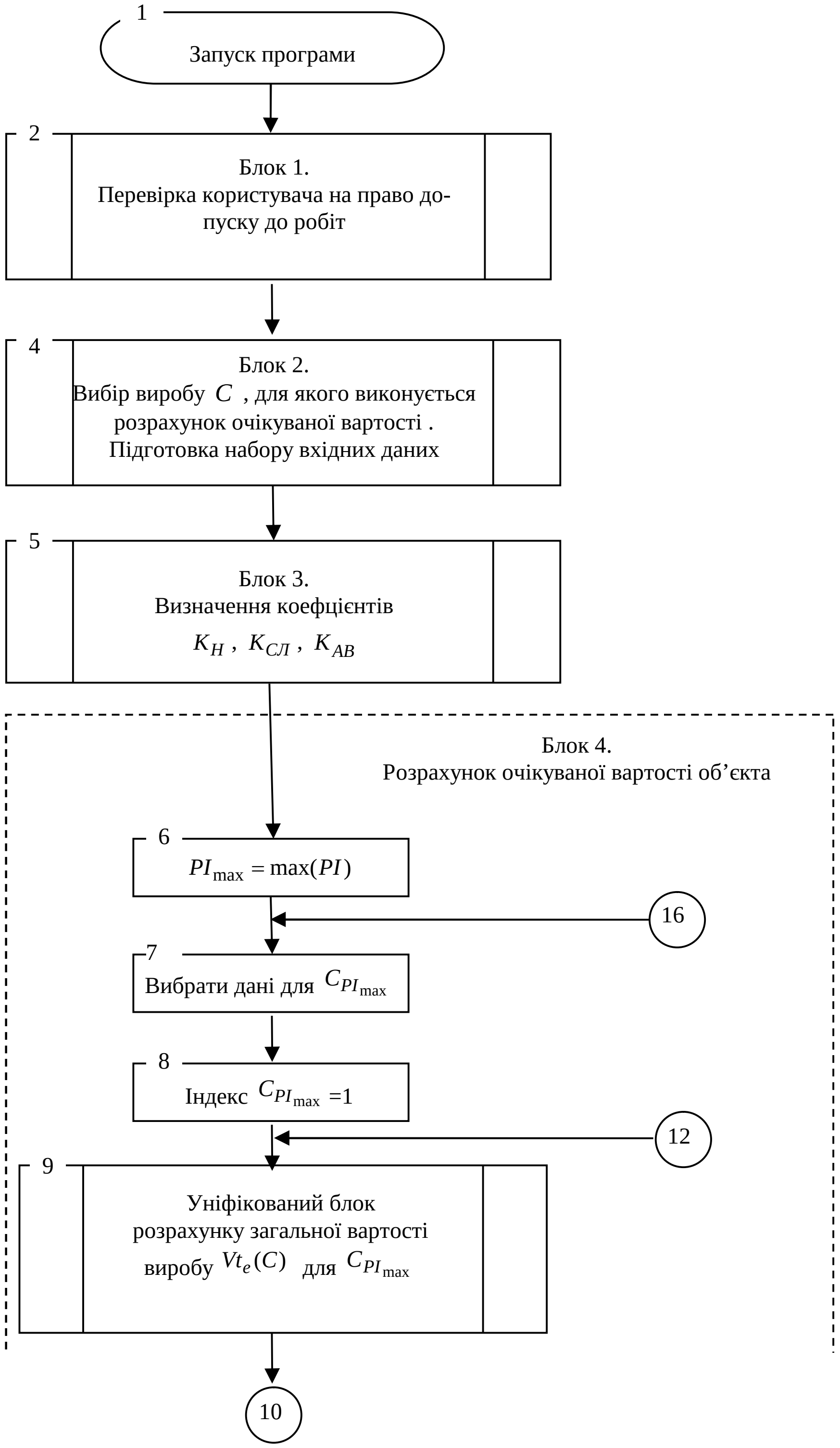

Рис. 2, лист 1 – Укрупнена блок-схема розрахунків вартості ДКР зі створення КА

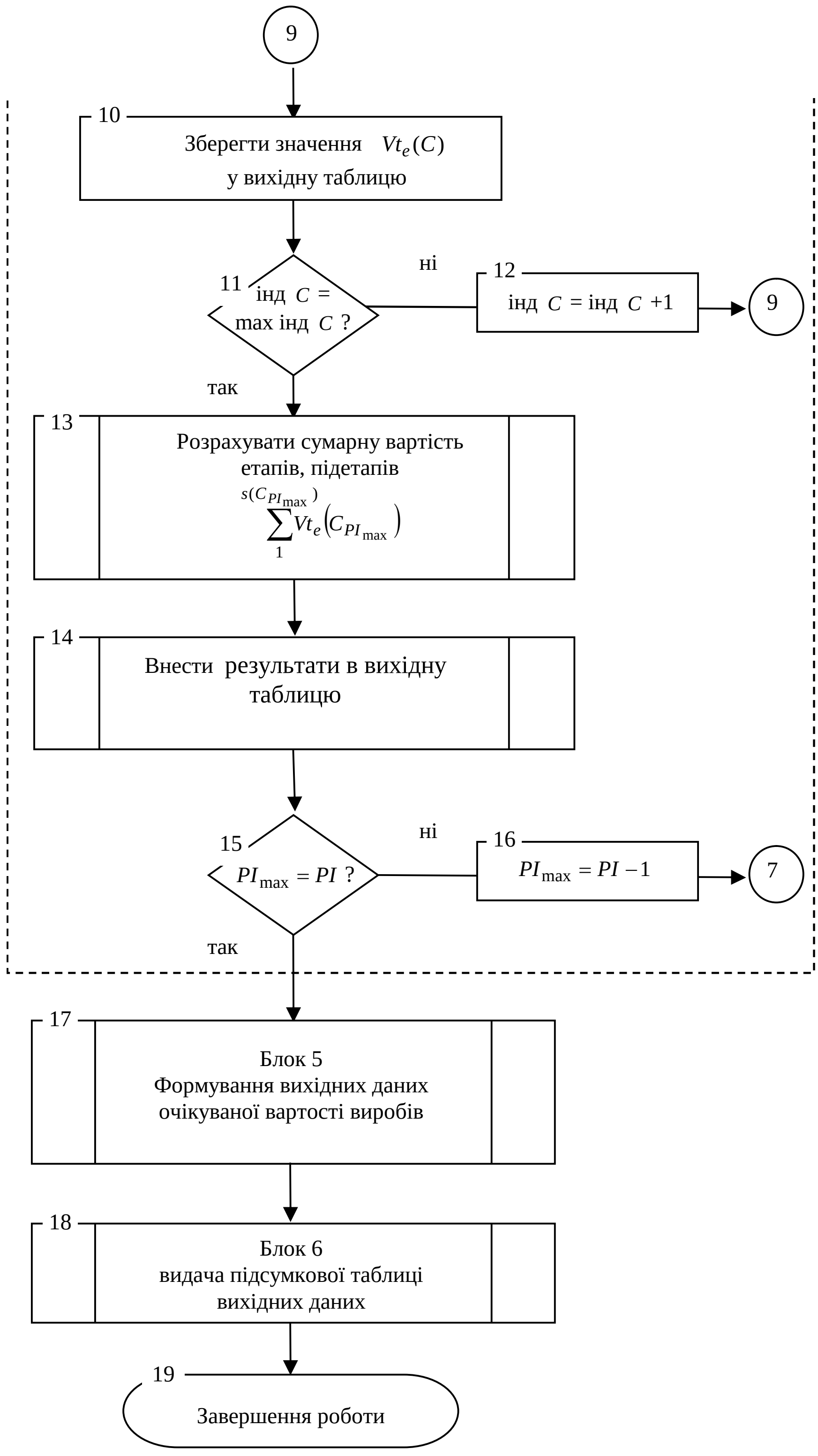
9
10
Зберегти значення $Vt_e(C)$
у вихідну таблицю
11
інд C =
max інд C ?
ні
12
інд C = інд C +1
9
так
13
Розрахувати сумарну вартість
етапів, підетапів
$\sum_{1}^{s(C_{PI_{max}})} Vt_e\left(C_{PI_{max}}\right)$
14
Внести результати в вихідну
таблицю
15
$PI_{max} = PI$?
ні
16
$PI_{max} = PI - 1$
7
так
17
Блок 5
Формування вихідних даних
очікуваної вартості виробів
18
Блок 6
видача підсумкової таблиці
вихідних даних
19
Завершення роботи

Рис. 2, лист 2

Висновки. Представлений опис особливостей розрахунку очікуваної вартості дослідно-конструкторських робіт зі створення космічних апаратів, який базується на методичному підході, що дозволяє визначати очікувану вартість дослідно-конструкторських робіт на початкових етапах, на відміну від стандартизованого методу калькуляції та параметричних методів.

Використання коефіцієнта новизни конструкції, коефіцієнта складності розробки та коефіцієнта автоматизації робіт дає можливість прогнозувати очікувану вартість на основі даних про ступінь новизни, технічний рівень та рівень автоматизації робіт зі створення нового зразка виробу у порівнянні з виробом-аналогом. Розрахунки очікуваної вартості таких складних об'єктів як вироби ракето-технічної техніки виконуються з використанням експертних даних, що дає можливість використати знання та досвід спеціалістів високого рівня. Переведення значення показника з нечіткого числа на нечіткому інтервалі в точне число, застосоване для визначення коефіцієнтів новизни конструкції, складності розробки та автоматизації робіт, дозволяють зменшити вплив суб'єктивних факторів.

Представлений уніфікований блок розрахунку вартості розроблено таким чином, що він застосовується для будь-якого виробу на будь-якому етапі. Це суттєво спрощує процес розрахунку.

Проведення розрахунків техніко-економічних показників КА з використанням всіма співвиконавцями дослідно-конструкторських робіт однакового методичного підходу дозволяє підвищити точність та зменшити часовий ресурс розрахункового процесу. А системне проведення таких розрахунків – наповнити галузеву статистичну базу даними щодо трудомісткості та матеріаломісткості робіт, потрібними для визначення вартісних показників нових зразків космічних апаратів та їх складових з використанням єдиного понятійного пакета – глосарія.

1. *Горбулин В. П., Кушнарев А. П.* Модели прогнозирования технико-экономических показателей РК и выбора оптимальной стратегии их отработки. Космічна наука і технологія. 2012. Т. 18, № 5. С. 66–73. https://doi.org/10.15407/knit2012.05.066
2. *Марченко В. Т, Петляк Е. П., Сазина Н. П., Хорольский П. П.* Методичний підхід до розробки галузевої методики розрахунку вартості дослідно-конструкторських робіт зі створення космічних апаратів. Технічна механіка. 2021. №3. С. 83–98. https://doi.org/10.15407/itm2021.03.083
3. *Малышев Г. В., Блейх Х. С., Зернов В. И.* Проектирование автоматических космических аппаратов. Вероятностные методы анализа. – М.: Машиностроение, 1982. 152 с.
4. *Марченко В. Т, Петляк Е. П., Сазина Н. П., Хорольский П. П.* Количественная оценка технического уровня космических систем дистанционного зондирования Земли и систем геостационарной спутниковой связи: Методический подход. Технічна механіка. 2019. №4. С. 92–106. https://doi.org/10.15407/itm2019.04.092
5. *Марченко В. Т., Хорольский П. П., Жукова Л. Г., Сазина Н. П.* Алгоритм оценки технического уровня космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Технічна механіка. 2017. №4. С. 41–48. https://doi.org/10.15407/itm2017.04.041

Отримано 28.08.2023,
в остаточному варіанті 29.09.2023