

УДК 623.746.519

Є.Ю. Іленко¹, П.М. Стешенко²¹ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків² Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ВИТРАТ ФІНАНСОВИХ РЕСУРСІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ОСНАЩЕННЯМ ЗБРОЙНИХ СИЛ БЕЗПІЛОТНИМИ АВІАЦІЙНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

У статті представлено результати розроблення математичної моделі для оцінювання показника витрат фінансових ресурсів при закупівлі безпілотних авіаційних комплексів. в якості такого показника пропонується використовувати питому вартість утримання безпілотного авіаційного комплексу в продовж призначеного строку його служби, фізичним змістом якого є сумарні фінансові витрати, які припадають на один рік призначеного строку служби безпілотного авіаційного комплексу. представлено результати порівняння альтернативних зразків розвідувальних безпілотних авіаційних комплексів за показником питомої вартості їх утримання.

Ключові слова: безпілотний авіаційний комплекс, безпілотний літальний апарат, питома вартість, математична модель.

Вступ

Оснащення Збройних Сил (ЗС) України безпілотними авіаційними комплексами (БпАК) є актуальним завданням, що вирішується в рамках реалізації "Концепції оснащення Збройних Сил України безпілотними авіаційними комплексами на період до 2025 року", яка була прийнята у 2010 році.

На сьогодні більше 80 компаній у світі займається виготовленням БпАК, в тому числі, військового призначення. При цьому на ринку озброєнь налічується біля ста найменувань зразків БпАК різних класів та цільового призначення [1].

Останнім часом пропозиції щодо оснащення підрозділів силових структур України безпілотними авіаційними комплексами активно надходять як від вітчизняних підприємств, так і від іноземних компаній. Наявність значної кількості альтернативних зразків БпАК у кожному їх класі обумовлює актуальність задачі вибору оптимальних / раціональних їх варіантів.

Проведені дослідження показали, що вибір БпАК серед альтернативних зразків (зважаючи на велику кількість характеристик та параметрів, якими описується БпАК, як складна технічна система військового призначення) становить складну науково-прикладну задачу, вирішення якої потребує розроблення відповідного науково-методичного апарату в системі прийняття рішень.

Постановка задачі. Згідно з положеннями класичної теорії вибору, визначення раціонального варіанту складної технічної системи, до якої відноситься і БпАК, необхідно здійснювати в системі критеріїв "ефективність – вартість – час". Задача дослідження складається у обґрунтуванні вигляду показника "вартість" у системі прийняття рішення щодо вибору БпАК при їх закупівлі та розробленні

алгоритму математичної моделі щодо розрахунку цього показника.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Як показали результати аналізу наукових публікацій за темою досліджень [2 – 5], на сьогодні відсутні єдині підходи щодо побудови формалізованого вигляду показника "вартість" по відношенню до процедури вибору оптимального/раціонального варіанту складної технічної системи, а використання показника в тій чи іншій формі у відомих методиках військово-економічного аналізу є недостатньо обґрунтованим з точки зору обмеженого врахування техніко-економічних факторів впливу. Тому розроблення критеріїв економічної ефективності та відповідних формалізованих алгоритмів у системі планування та реалізації заходів щодо оснащення авіації ЗС зразками авіаційної техніки (АТ), в тому числі БпАК, на основі сучасного науково-методологічного апарату теорії прийняття рішень та військово-економічного аналізу є актуальною науково-прикладною задачею.

Метою статті є представлення результатів досліджень по створенню методично-алгоритмічного апарату оцінювання витрат фінансових ресурсів в системі реалізації закупівельних проектів щодо оснащення ЗС України безпілотними авіаційними комплексами.

Основна частина досліджень

Відомі методики військово-економічного аналізу зразків АТ використовують такі показники витрат фінансового ресурсу: ринкова вартість і-го зразка АТ; вартість контракту на поставку певної кількості (партії) і-х зразків АТ; вартість однієї години експлуатації і-го зразка АТ; вартість життєвого циклу і-го зразка АТ. Крім того існують підходи, в основу яких покладено оцінювання зміни контрактної питомої ціни зра-

зка, як відношення ціни повністю обладнаного серійного зразка АТ до маси його пустого.

Кожний окремих з перелічених показників не дозволяє коректно використовувати його у системі прийняття рішень щодо вибору зразка БпАК при його закупівлі, оскільки не враховує у повній мірі фінансові витрати, що пов'язані як власне з процедурою його закупівлі, так і подальшою його експлуатацією (утриманням).

Пропонується показник витрат фінансових ресурсів представляти у вигляді питомої вартості утримання БпАК упродовж його призначеного строку служби ($C_{\text{пит}}$):

$$C_{\text{пит}} = \frac{C_K + C_Y}{T_{\text{ПСС}}}, \quad (1)$$

де C_K – вартість контракту на поставку БпАК; C_Y – вартість утримання БпАК; $T_{\text{ПСС}}$ – призначений строк служби БпАК.

За своїм фізичним змістом показник $C_{\text{пит}}$ комплексно характеризує вартість одного року строку служби закуповуваної партії БпАК з урахуванням контрактної ціни та витрат на їх експлуатацію.

Вартість контракту (контрактна ціна) на поставку БпАК (C_K) може бути розрахована за формулою:

$$C_K = N_i \cdot c_i + C_{\text{зв}}, \quad (2)$$

де N_i – кількість БпАК і-го типу, що закуповуються; c_i – вартість одного БпАК і-го типу; $C_{\text{зв}}$ – зв'язані витрати.

Зв'язані витрати ($C_{\text{зв}}$) у контрактній ціні на поставку розвідувальних БпАК в загальному випадку включають витрати, пов'язані з придбанням змінного (змінного) цільового обладнання, запасних частин і приладдя, засобів обслуговування, контролю та діагностування, експлуатаційної та ремонтної документації, підготовкою (навчанням) персоналу, розгортанням необхідної інфраструктури тощо.

При оцінюванні прогнозованої вартості контракту на поставку БпАК, коли величина зв'язаних витрат точно не відома, можна скористатися формулою у вигляді:

$$C_K = N_i \cdot c_i \cdot k_{\text{зв}}, \quad (3)$$

де $k_{\text{зв}}$ – коефіцієнт зв'язаних витрат.

З формули (3) видно, що коефіцієнт зв'язаних витрат може бути розрахований, як відношення

$$k_{\text{зв}} = \frac{C_K}{N_i \cdot c_i}. \quad (4)$$

Аналіз контрактів на закупівлю БпАК, що були укладені протягом 2012 – 2016 років (табл. 1) [6 – 10], показує, що середнє значення коефіцієнта зв'язаних витрат знаходиться у діапазоні 1,4 ... 1,45.

Таблиця 1

Аналіз контрактів на закупівлю безпілотних авіаційних комплексів

Назва БпАК	C_K , млн. \$	c_i , млн. \$	N_i	$k_{\text{зв}}$
RQ-4B Global Hawk	790	140	4	1,41
RQ-7B Shadow	450	18	16	1,56
MQ-1C Grey Eagle	1990	15,5	91	1,41
MQ-8 Fire Scout	745	14,6	36	1,42
MQ-9 Reaper	4900	16,5	204	1,46
Eurohawk	789	110	5	1,43
Watchkeeper WK450	1500	18,5	54	1,42
Heron-1	390	20	14	1,39

Таким чином зв'язані витрати складають в середньому 40 – 45 % від вартості власне закуповуваної партії БпАК.

Методи оцінювання прогнозованої вартості можуть бути застосовані також для визначення вартості БпАК і-го типу (c_i), якщо такі данні, наприклад, відсутні на момент аналізу альтернативних пропозицій. Одним з широко використовуваних таких методів є аналого-зіставний метод, що засновується на визначенні вартості оцінюваного зразка на основі даних про наявні аналоги цього зразка [4; 5].

Вартість утримання БпАК (C_Y) може бути розрахована за формулою:

$$C_Y = n_i \cdot c_{\text{л.г.}} \cdot \tau_{\text{пр}} + c_{\text{н.к.}}, \quad (5)$$

де n_i – кількість БпЛА у складі і-го БпАК; $c_{\text{л.г.}}$ – вартість льотної години експлуатації одного БпЛА; $\tau_{\text{пр}}$ –

призначений ресурс БпЛА (у годинах нальоту); $c_{\text{н.к.}}$ – вартість утримання наземної частини БпАК (пункту управління, транспортних засобів тощо).

За даними з джерел інформації [1; 2; 11] вартість утримання наземної частини БпАК може складати близько 10 % від загальної вартості утримання (експлуатації) БпАК.

Показник $c_{\text{л.г.}}$ вартості льотної години експлуатації БпЛА є інтегральним показником економічності його експлуатації. В основу розрахунку показника вартості льотної години експлуатації ЛА покладається співвідношення:

$$c_{\text{л.г.}} = \frac{C_{\Sigma}}{\tau_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

де C_{Σ} – сумарні витрати, пов'язані з експлуатацією БпЛА впродовж призначеного ресурсу.

Вартість льотної години для одного БпЛА являє собою сумарні фінансові витрати, пов'язані з експлуатацією БпЛА упродовж призначеного терміну служби, що приходиться на 1 годину призначеного ресурсу.

При цьому фінансові витрати, пов'язані з експлуатацією БпЛА на протязі призначеного ресурсу, у загальному вигляді враховують:

витрати на підтримку льотної придатності, що містять у собі витрати на ремонти (капітальний, поточний, відновний та ін.) планера, двигунів, устаткування, на різні види забезпечення (технічне, тилове, медичне, психологічне та їх складові) і ін.;

постійні витрати, що містять у собі витрати на

забезпечення паливно-мастильними матеріалами, запасними частинами, комплектуючими і витратними матеріалами у процесі експлуатації ЛА;

службові витрати (утримання обслуговуючого персоналу, служб забезпечення, утримання та експлуатація складових комплексу);

періодичні (нерегулярні) витрати (продовження ресурсних показників, модернізація).

Формули (1) – (6), що описують розрахунок складових питомої вартості утримання БпАК, покладено в основу алгоритму відповідної математичної моделі, структурно-логічну схему якої представлено на рис. 1.

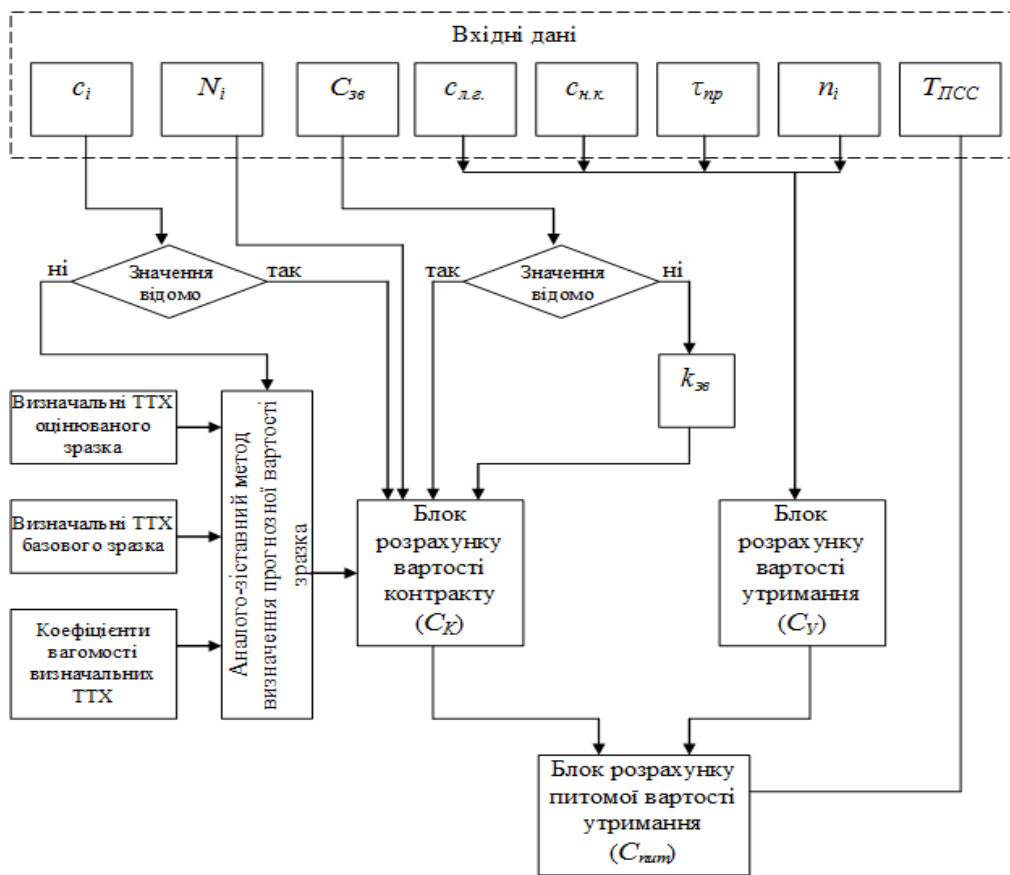


Рис. 1. Структурно-логічна схема математичної моделі для оцінювання витрат фінансових ресурсів, пов'язаних з оснащенням збройних сил безпілотними авіаційними комплексами

Представлену математичну модель було застосовано для порівняльного аналізу двох альтернативних розвідувальних тактичних БпАК. Вхідні данні та результати розрахунків представлено у табл. 2.

Аналіз результатів оцінювання питомої вартості утримання БпАК, представлених в табл. 2, показує, що хоча закупівельна (контрактна) ціна комплексу № 1 є більшою за ціну комплексу № 2, але більше значення призначеного строку служби та менша вартість льотної години експлуатації роблять комплекс № 1 економічно вигіднішим за комплекс № 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків

Показники	БпАК 1	БпАК 2
	2	3
N_i	1	1
c_i , млн. \$	15	10
k_{zb}	1,4	1,4
C_K , млн. \$	18	12
n_i	4	4
$c_{д.г.}$, млн. \$/год	0,0005	0,0007

Закінчення табл. 2

1	2	3
$\tau_{\text{пр}}, \text{ год}$	10000	10000
$C_y, \text{ млн. \$}$	20	28
$T_{\text{ПСС}}, \text{ років}$	25	20
$C_{\text{шт}}, \text{ млн. \$/рік}$	1,64	2,1

Висновки по дослідженню

Представлена математична модель дозволяє проводити порівняльний аналіз альтернативних зразків БпАК за показником питомої вартості їх утримання, який інтегрально враховує основні вартісні складові процесу придбання та використання таких комплексів на протязі призначеного строку їх служби.

Перспективи подальших досліджень

Проведення подальших досліджень в рамках підтримки прийняття рішень в системі закупівлі зразків озброєння та військової техніки, в тому числі – БпАК, для потреб ЗС України здійснюється у напрямі розроблення методики оцінювання можливих ризиків закупівельних проектів та обґрунтування заходів з управління такими ризиками.

Список літератури

1. Згурець С.Г. *Оружие Украины. Беспилотники: призыв на войну. Беспилотные авиационные комплексы: создание и применение* / С.Г. Згурець. – К.: 2015. – 96 с.
2. *Беспилотные авиационные комплексы: Методика сравнительной оценки боевых возможностей* / М.М. Митрахович, В.И. Силков, А.В. Самков, Х.В. Бурштынская, С.А. Станкевич, В.Б. Семенов; под ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2012. – 288 с.

3. Буравлёв А.И. *Методика военно-экономического анализа целесообразности закупки образцов вооружения и военной техники* / А.И. Буравлёв, А.А. Нестеров // *Вооружение и экономика*. – 2016. – Вып. 2(35). – С. 74-84.

4. *Военно-экономический анализ* / под ред. С.Ф. Видулова. – М.: Военное издательство, 2001.

5. Саркисян С.А. *Экономика авиационной промышленности: учебн. для авиац. спец. Вузов* / С.А. Саркисян, Д.Э. Старик. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 320 с.

6. *The Military balance: 2012* [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.iiss.org/en/publications/military%20balance/issues/the-military-balance-2012-77da>.

7. *The Military balance: 2013* [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.iiss.org/en/publications/military%20balance/issues/the-military-balance-2013-2003>.

8. *The Military balance: 2014* [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.iiss.org/en/publications/military%20balance/issues/the-military-balance-2014-7e2c>.

9. *The Military balance: 2015* [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.iiss.org/en/publications/military%20balance/issues/the-military-balance-2015-5ea6>.

10. *The Military balance: 2016* [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.iiss.org/en/publications/military%20balance/issues/the-military-balance-2016-d6c9>.

11. Гальченко А.В. *Долгосрочный прогноз стоимости боевых летательных аппаратов и численности ВВС стран мира* / А.В. Гальченко, В.А. Тегин // *Вооружение и экономика*: 2012. – Вып. 3(19). – С. 74-84.

Надійшла до редколегії 13.09.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є.О. Українець, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАТРАТ ФИНАНСОВЫХ РЕСУРСОВ, СВЯЗАННЫХ С ОСНАЩЕНИЕМ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ БЕСПИЛОТНЫМИ АВИАЦИОННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

Е.Ю. Иленко, П.Н. Стещенко

В статье представлены результаты разработки математической модели для оценивания показателя затрат финансовых ресурсов при закупке беспилотных авиационных комплексов. В качестве такого показателя предлагается использовать удельную стоимость содержания беспилотного авиационного комплекса в течении назначенного срока его службы, физическим смыслом которого являются суммарные финансовые затраты, которые приходится на один год назначенного срока службы беспилотного авиационного комплекса. Представлены результаты сравнения альтернативных образцов разведывательных беспилотных авиационных комплексов по показателю удельной стоимости их содержания.

Ключевые слова: беспилотный авиационный комплекс, беспилотный летательный аппарат, удельная стоимость, математическая модель.

MATHEMATICAL MODEL TO ESTIMATE THE COSTS FINANCIAL RESOURCES RELATED TO THE IMPLEMENTATION PROCUREMENT UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS

E.Yu. Ilenko, P.N. Steshenko

The article presents the results of a mathematical model to estimate the costs of index funds in the procurement of unmanned aircraft systems. As such a measure is proposed to use a specific value of the content of an unmanned aircraft system during the designated period of its life, the physical meaning of which is the total financial costs, which account for one-year service life, the unmanned aircraft system. The results of the comparison of alternative models of reconnaissance unmanned aircraft systems in terms of the unit cost of their maintenance.

Keywords: unmanned aircraft systems, unmanned aerial vehicle, the unit value, a mathematical model.