

УДК 351.864

О.Є. Мавренков<sup>1</sup>, В.В. Логінов<sup>2</sup>, В.В. Войтенко<sup>2</sup>, С.В. Кирнажицький<sup>2</sup><sup>1</sup> Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ<sup>2</sup> Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПРОГРАМНИХ ЗАХОДІВ З ОСНАЩЕННЯ АВІАЦІЇ ЗБРОЙНИХ СИЛ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

В статті представлено вербально-формальний підхід до формування оптимального варіанту програмних заходів з оснащення авіації збройних сил літальними апаратами, виходячи з умови забезпечення максимального рівня її бойового потенціалу у межах виділених асигнувань. Представлено результати порівняння варіантів програмних заходів, отриманих за представленим підходом, та тих, що представлені в проекті програмного документу з розвитку авіації Збройних Сил України на період до 2020 року.

**Ключові слова:** бойовий потенціал, алгоритм, реалізованість програмних заходів, літальний апарат, оптимізація.

### Вступ

**Постановка задачі.** Ефективність оснащення авіації Збройних Сил (ЗС) літальними апаратами (ЛА) визначається ступенем досягнення максимального рівня бойового потенціалу кожним видом авіації (тактична, розвідувальна, військово-транспортна та ін.) в межах виділених асигнувань.

Задача максимізації бойового потенціалу авіації ЗС у межах виділених асигнувань може бути вирішена за рахунок формування оптимальних варіантів програмних заходів (ПЗ) з оснащення авіації ЗС зразками ЛА, тобто шляхом визначення оптимального співвідношення ремонтваних, модернізованих та закупаваних / орендованих ЛА за роками планового періоду.

Вербальна постановка задачі дослідження має такий зміст: визначити оптимальний варіант ПЗ з оснащення авіації ЗС літальними апаратами за кожним роком планового періоду, який забезпечує максимальний рівень бойового потенціалу певного роду авіації за умови неперевикнення виділених асигнувань (призначеного ліміту коштів) з урахуванням реалізованості ПЗ та обмеженнях на штатну чисельність парку ЛА, рівень їх справності, строки та темпи оснащення авіації ЗС зразками ЛА.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сьогодні на практиці така задача вирішується евристичними методами, що обумовлює велику імовірність прийняття помилкових рішень та в результаті – нераціональне витрачання бюджетних асигнувань військового відомства. Відомі формалізовані методи вирішення подібних задач, зокрема [1 – 5], не враховують можливі ризики реалізації ПЗ, що, як показує практика, супроводжується великою ймовірністю невиконання як окремих ПЗ, так і програм (планів) в цілому. Тому розроблення формалізованих алгорит-

мів у системі планування та реалізації заходів щодо оснащення авіації ЗС зразками ЛА на основі сучасного науково-методологічного апарату теорії прийняття рішень та теорії ризиків є актуальною науково-прикладною задачею.

**Метою статті** є розробка методичного підходу до обґрунтування оптимальних варіантів програмних заходів з оснащення авіації ЗС літальними апаратами за роками планового періоду з урахуванням можливих ризиків реалізації програм розвитку озброєння та військової техніки ЗС України.

### Основний матеріал

Якщо прийняти допущення про відповідність засобів управління та забезпечення в системі озброєння авіації ЗС заданим вимогам, то бойовий потенціал певного роду авіації ЗС (Р) буде однозначно визначатися кількістю і-х типів ЛА ( $n_i$ ) та їх якістю, узагальненим показником якої є коефіцієнт військово-технічного рівня і-го типу ЛА ( $K_i$ ):

$$P = \sum_{i=1}^I K_i n_i \quad (1)$$

Таким чином, за своїм фізичним змістом показник бойового потенціалу певного роду авіації ЗС являє собою кількість умовних ЛА, розрахованих по відношенню до зразка ЛА, прийнятого за базовий, коефіцієнт військово-технічного рівня якого дорівнює одиниці ( $K_{\text{баз}} = 1,0$ ).

Формалізована постановка задачі дослідження має такий вигляд:

$$P(n_{11}, n_{12}, \dots, n_{21}, n_{22}, \dots, n_{ij}, \dots, n_{IJ}) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (K_{ij} n_{ij}) \Omega_{ij} \rightarrow \max \quad (2)$$

при виконанні таких умов:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J c_{ij} n_{ij} \leq \hat{C}; \quad (3)$$

$$n_{ij} \geq 0; \quad (4)$$

$$i = 1, 2, \dots, I; \quad (5)$$

$$j = 1, 2, \dots, J, J = 5; \quad (6)$$

$$K_{ij} > 0; 0 < \Omega_{ij} \leq 1; 0 < c_{ij} \leq \hat{C}; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} + \sum_{i=1}^I N_i^0 - \sum_{i=1}^k N_{СП_i} = \hat{N}_{ШТ}; \quad (8)$$

$$n_{i1} = \min \left[ \hat{N}_{i1}; N_{ВП_i} \right]; \quad (9)$$

$$n_{i2} \leq N_{ВП_i} - n_{i1}; \quad (10)$$

$$n_{ij} \geq \hat{N}_{ТО} \text{ для } j = 3, 4, 5, \quad (11)$$

де  $P$  – рівень бойового потенціалу певного роду авіації Збройних Сил;

$n_{ij}$  – кількість ЛА  $i$ -го типу, отриманих при реалізації  $j$ -го ПЗ;

$J$  – кількість альтернативних ПЗ, що розглядаються;

$K_{ij}$  – коефіцієнт військово-технічного рівня  $i$ -го типу ЛА, отриманий при реалізації  $j$ -го ПЗ;

$\Omega_{ji}$  – реалізованість  $j$ -го ПЗ для  $i$ -го типу ЛА;

$c_{ij}$  – витрати коштів, пов'язані з реалізацією  $j$ -го ПЗ стосовно  $i$ -го типу ЛА;

$\hat{C}$  – виділені асигнування (призначений ліміт коштів);

$N_i^0$  – кількість ЛА  $i$ -го типу, що залишаються незадіяними у ПЗ;

$N_{СП_i}$  – кількість ЛА  $i$ -го типу, що виводяться (списуються) зі штату;

$\hat{N}_{ШТ}$  – штатна кількість ЛА;

$\hat{N}_{i1}$  – кількість ЛА  $i$ -го типу, що потребують ремонту;

$\hat{N}_{i1}$  – виробничі потужності по ремонту (модернізації) ЛА  $i$ -го типу;

$\hat{N}_{ТО}$  – кількість ЛА в тактичній авіаційній одиниці (ескадрильї).

Як  $j$ -ті програмні заходи у постановці задачі (2)...(11) доцільно розглядати такі:

- 1 – ремонт існуючих штатних зразків,
- 2 – модернізація існуючих штатних зразків,
- 3 – закупівля нових вітчизняних зразків,
- 4 – закупівля нових іноземних зразків,
- 5 – оренда (лізинг) нових іноземних зразків.

Умова (8) відображає вимогу збереження штатної (директивної) кількості ЛА певного роду авіації. Умова (9) визначає, що кількість ремонтіваних

ЛА обумовлюється відповідною потребою та не може перевищувати виробничі потужності авіаремонтного підприємства. Умова (10) визначає, що кількість модернізованих ЛА не може перевищувати виробничі потужності авіаремонтного підприємства з урахуванням поточної кількості ЛА, що ремонтується на підприємстві. Умова (11) визначає, що одночасно повинна закупатися / орендуватися певна кількість ЛА, як правило, не менше однієї тактичної авіаційної одиниці – ескадрильї (12...14 ЛА).

У даній статті пропонується алгоритм формування оптимального варіанту ПЗ з оснащення авіації ЗС зразками ЛА, структурну схему якого представлено на рис. 1.

Масив вихідних даних включає: множину ЛА на ринку озброєнь; зразок ЛА, прийнятий за базовий; варіанти модернізації ЛА; директивно задану (потрібну) штатну кількість ЛА у бойовому складі; тактико-технічні характеристики (ГТХ) ЛА; дані щодо вартості реалізації окремих ПЗ; дані щодо кількості ЛА, які потребують ремонту та модернізації; виробничі потужності підприємств по ремонту та модернізації ЛА; дані щодо виділених асигнувань; розширені переліки можливих ризиків реалізації ПЗ та інші.

У відповідності до представленого алгоритму (рис. 1), безпосередньому вирішенню задачі (2)...(11) передують:

– визначення кількості ЛА, що можуть бути відремонтовані, виходячи з виробничих потужностей підприємств та наявності коштів;

– визначення кількості ЛА, що можуть бути модернізовані, виходячи з виробничих потужностей підприємств та наявності коштів;

– перевірка умови збереження штатної кількості ЛА у бойовому складі;

– перевірка поточного залишку коштів після реалізації чергових заходів;

– вибір іноземного зразка ЛА для його закупівлі / оренди;

– розрахунок військово-технічного рівня ЛА;

– розрахунок реалізованості кожного ПЗ.

Оцінювання військово-технічного рівня ЛА здійснюється за допомогою методики [6], яка засновується на методологічному апараті кваліметрії. Кількісне оцінювання реалізованості ПЗ здійснюється через визначення імовірності настання визначальних ризиків реалізації відповідних ПЗ за допомогою методологічного апарату теорії ризиків [7].

Власне задача дослідження у постановці (2)...(11) відноситься до класу задач цілочисельного лінійного програмування ("рюкзачного" типу). Такий тип задач відноситься до так званих NP-важких, які не можуть бути вирішені за поліноміальний час. Найбільш точний метод вирішення таких задач – повне перебирання можливих варіантів рішень, що,

при великій розмірності задачі (як у представленому вище випадку), робить такий підхід неможливим на практиці [8].

За результатами аналізу найбільш застосовуваних методів рішення цілочисельних задач лінійного

програмування "рюкзачного" типу [9] та особливостей задачі оптимізації ПЗ було вибрано метод гілок і границь, який забезпечує точне рішення задачі за прийнятний час та не потребує значних трудовитрат на його програмну реалізацію [10].

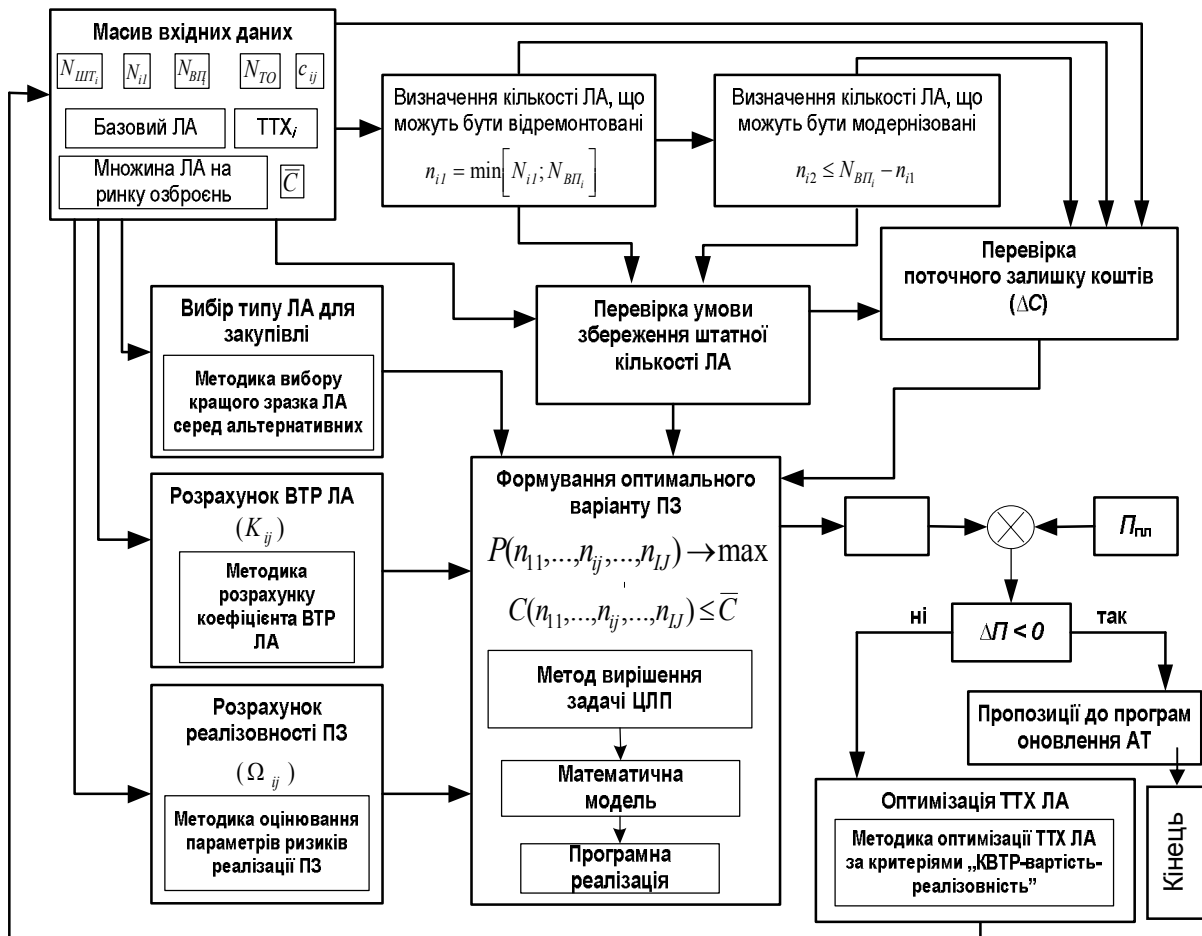


Рис. 1. Структурна схема формування оптимального варіанту програмних заходів з оснащення авіації ЗС літальними апаратами

В результаті вирішення представленої задачі отримується розрахунковий рівень бойового потенціалу роду авіації ( $P_{розр}$ ) у кожний рік планового періоду, який порівнюється з планованим рівнем ( $P_{пл}$ ), який визначається програмними документами з питань розвитку та утримання озброєння та військової техніки ЗС.

Відповідність розрахункового рівня бойового потенціалу планованому ( $\Delta P = P_{пл} - P_{розр} \leq 0$ ) є підставою для включення розрахованих оптимальних варіантів ПЗ до програмних документів з питань оновлення авіаційної техніки ЗС.

Якщо розрахунковий рівень бойового потенціалу не відповідає планованому ( $\Delta P = P_{пл} - P_{розр} \geq 0$ ), здійснюється коригування вихідних даних, в тому числі, через оптимізацію тактико-техніко-економічних характеристик ЛА, що пропонуються до модернізації, з метою підвищення їх військово-технічного рівня [11].

## Висновки

Розроблено методичний підхід до обґрунтування оптимальних варіантів програмних заходів з оснащення авіації ЗС ЛА за роками планового періоду з урахуванням можливих ризиків реалізації програм розвитку озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Програмна реалізація розробленого підходу виконана у середовищі табличного редактору Excel програмного пакету Microsoft Office 2010.

За результатами апробації представленої підходу стосовно тактичної авіації Повітряних Сил Збройних Сил України визначено оптимальні варіанти ПЗ за роками планового періоду на період до 2020 року.

Співставлення розрахованих варіантів ПЗ із заходами, які наводяться у проекті програмного документу на вказаний період, показують, що кошти, які

виділяються на реалізацію програмних заходів можуть бути використані більш ефективно, якщо вони будуть перерозподілені у відповідності до розрахованих оптимальних варіантів ПЗ: приріст бойового потенціалу тактичної авіації Повітряних Сил Збройних Сил України може скласти до 11 % на кінець програмного періоду, що відповідає появі у бойовому складі додатково однієї умовної ескадрильї літаків типу МиГ-29.

Проведення подальших досліджень за представленою тематикою здійснюється у напрямках удосконалення методики оцінювання реалізованості програмних заходів шляхом адаптації математичного апарату теорії нечітких множин для розрахунку ймовірності (очікуваності) настання визначальних ризиків реалізації ПЗ.

### Список літератури

1. Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и военной техники: Учеб. пособие в 4-х книгах / Б.А. Демидов, М.М. Митрахович, М.И. Луханин и др. – Х.: ХВУ, 1997. – 288 с.
2. Методологічні аспекти формування вимог до систем озброєння Збройних Сил України / В.В. Антонець, В.М. Миронович, О.В. Сафронів, С.І. Луцик // Наука і оборона. – 2002. – № 4. – С.52-55.
3. Стеценко О.О. Методологічні аспекти формування оперативно-стратегічних та оперативних вимог до перспективних систем озброєння Збройних Сил України / О.О. Стеценко, О.П. Ковтуненко, І.С. Цибелько // Наука і оборона. – 2001. – № 4. – С. 46-54.
4. Демидов Б.А. Элементы методологии обоснования направлений развития и формирования облика перспективной системы вооружения вида вооруженных сил государства / Б.А. Демидов, А.Ф. Величко, О.А. Хмельевская // Системы управления, навигации та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2010. – Вып. 3(15). – С. 187-194.

5. Леонтьев О.Б. Обгрунтування методичного підходу до визначення раціонального розподілу бюджетних коштів на підтримку рівня справності озброєння та військової техніки Повітряних Сил / О.Б. Леонтьев // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХУПС, 2009. – № 2 (2). – С. 31-37.

6. Самков О.В. До порівняльної оцінки військових літаків / О.В. Самков, О.Є. Мавренков // Збірник наукових праць Київського інституту ВПС. – К.: КІ ВПС, 1999. – Вып. 6. – С. 135-140.

7. Мавренков О.Є. До питання оцінювання реалізованості програмних заходів з технічного оснащення авіації Збройних Сил України / О.Є. Мавренков, В.І. Улізько // Збірник наукових праць ДНДІА. – К., 2012. – № 15. – С. 24-29.

8. Белкин А.Р. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации / А.Р. Белкин, М.Ш. Левин. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 160 с.

9. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация (целочисленное программирование) / М.М. Ковалев. – М.: Едиториал, 2003. – 288 с.

10. Сигал И.Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: Учебн. пособие / И.Х. Сигал, А.П. Иванова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 240 с.

11. Мавренков О.Є. Методика оптимізації тактико-технічних вимог до бойового ЛА, що підлягає модернізації, з урахуванням його військово-технічного рівня, вартості модернізації та техніко-технологічної реалізованості варіантів модернізації / О.Є. Мавренков, С.І. Леженін, В.І. Улізько // Збірник наукових праць ДНДІА.– К., 2015. – Вып. 11. – С. 33-38.

Надійшла до редколегії 18.12.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. О.Б. Леонтьєв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПРОГРАММНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОСНАЩЕНИЮ АВИАЦИИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

А.Е. Мавренков, В.В. Логинов, В.В. Войтенко, С.В. Кирнажицкий

В статье представлен вербально-формальный подход к формированию оптимального варианта программных мероприятий по оснащению авиации Вооруженных Сил летательными аппаратами, исходя из условия обеспечения максимального уровня ее боевого потенциала в пределах выделенных ассигнований. Представлены результаты сравнения вариантов программных мероприятий, полученных по представленному подходу, и тех, что представлены в проекте программного документа по развитию авиации Вооруженных Сил Украины на период до 2020 года.

**Ключевые слова:** боевой потенциал, алгоритм, реализуемость программных мероприятий, летательный аппарат, оптимизация.

### METHODICAL APPROACHES TO GENERATING OPTIMAL VARIANT OF THE PROGRAM ACTIVITIES TO EQUIP AVIATION ARMED FORCES BY AIRCRAFT

O.Y. Mavrenkov, V.V. Loginov, V.V. Voytenko, S.V. Kyrnazytskiy

The article presents the verbal and formal an approach of an optimum variant of program activities to equip the Armed Forces aviation by aircraft on the basis of conditions to ensure the maximum level of its combat potential in the limits of the appropriations. The results of the comparison options of program activities, prepared by the presented approach and those shown in the draft policy document on the development of the aviation of the Armed Forces of Ukraine for the period until 2020.

**Keywords:** combat potential, the algorithm, implemented by the program activities, aircraft, optimization.