

УДК 351.864:001.89

**МАВРЕНКОВ О.Є.**, докторант, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

**ЛЕЖЕНІН С.І.**, начальник науково-дослідного управління, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

## **АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ПРОГРАМНИХ ЗАХОДІВ З ОСНАЩЕННЯ АВІАЦІЇ ЗБРОЙНИХ СИЛ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ**

*Представлено вербально-формальний алгоритм 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*

*Ключові слова: бойовий потенціал, оснащення літальними апаратами, оптимальний варіант програмних заходів, оптимізація*

Під варіантом програмних заходів (ПЗ) з оснащення авіації збройних сил (ЗС) літальними апаратами (ЛА) розуміють певне співвідношення кількості ремонтваних, модернізованих та закуплених / орендованих ЛА за роками планового періоду. При цьому ефективність оснащення авіації ЗС літальними апаратами визначається ступенем досягнення максимального рівня бойового потенціалу кожним видом авіації (тактична, розвідувальна, військово-транспортна та ін.) в межах виділених асигнувань.

Якщо прийняти допущення про відповідність засобів управління та забезпечення в системі озброєння авіації ЗС заданим вимогам, то бойовий потенціал певного виду авіації ЗС ( $P$ ) буде однозначно визначатися кількістю  $i$ -их типів ЛА ( $N_i$ ) та їх якістю, показником якої є коефіцієнт військово-технічного рівня  $i$ -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 виду авіації ЗС являє собою кількість умовних ЛА, розрахованих по відношенню до зразка ЛА, прийнятого за базовий, коефіцієнт військово-технічного рівня якого дорівнює одиниці ( $K_{баз} = 1,0$ ).

Задача максимізації бойового потенціалу авіації ЗС у межах виділених асигнувань може бути вирішена за рахунок формування оптимальних варіантів ПЗ з оснащення авіації ЗС зразками ЛА, тобто шляхом визначення оптимального

співвідношення ремонтованих, модернізованих та закуплених / орендованих ЛА за роками планового періоду. На сьогодні на практиці така задача вирішується евристичними методами, що обумовлює велику імовірність прийняття помилкових рішень та в результаті – нераціональне витрачання бюджетних асигнувань військового відомства. Тому розроблення формалізованих алгоритмів у системі планування та реалізації заходів щодо оснащення авіації ЗС зразками ЛА на основі сучасного науково-методологічного апарату теорії прийняття рішень є актуальною науково-прикладною проблемою.

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 виду авіації за умови неперевищення виділених асигнувань (призначеного ліміту коштів), з урахуванням реалізованості ПЗ та обмеженнях на штатну чисельність парку ЛА певного виду авіації, рівень їх справності, строки та темпи оснащення авіації ЗС зразками ЛА.

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

де  $P$  – рівень бойового потенціалу певного виду авіації ЗС;  $n_{ij}$  – кількість ЛА  $i$ -го типу, отриманих при реалізації  $j$ -го ПЗ;  $K_{ij}$  – 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;  $N_{СПi}$  – 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;  $N_{ВП_i}$  – 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 виду авіації. Умова (9) визначає, що кількість ремонтів 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 ремонтуються 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).

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

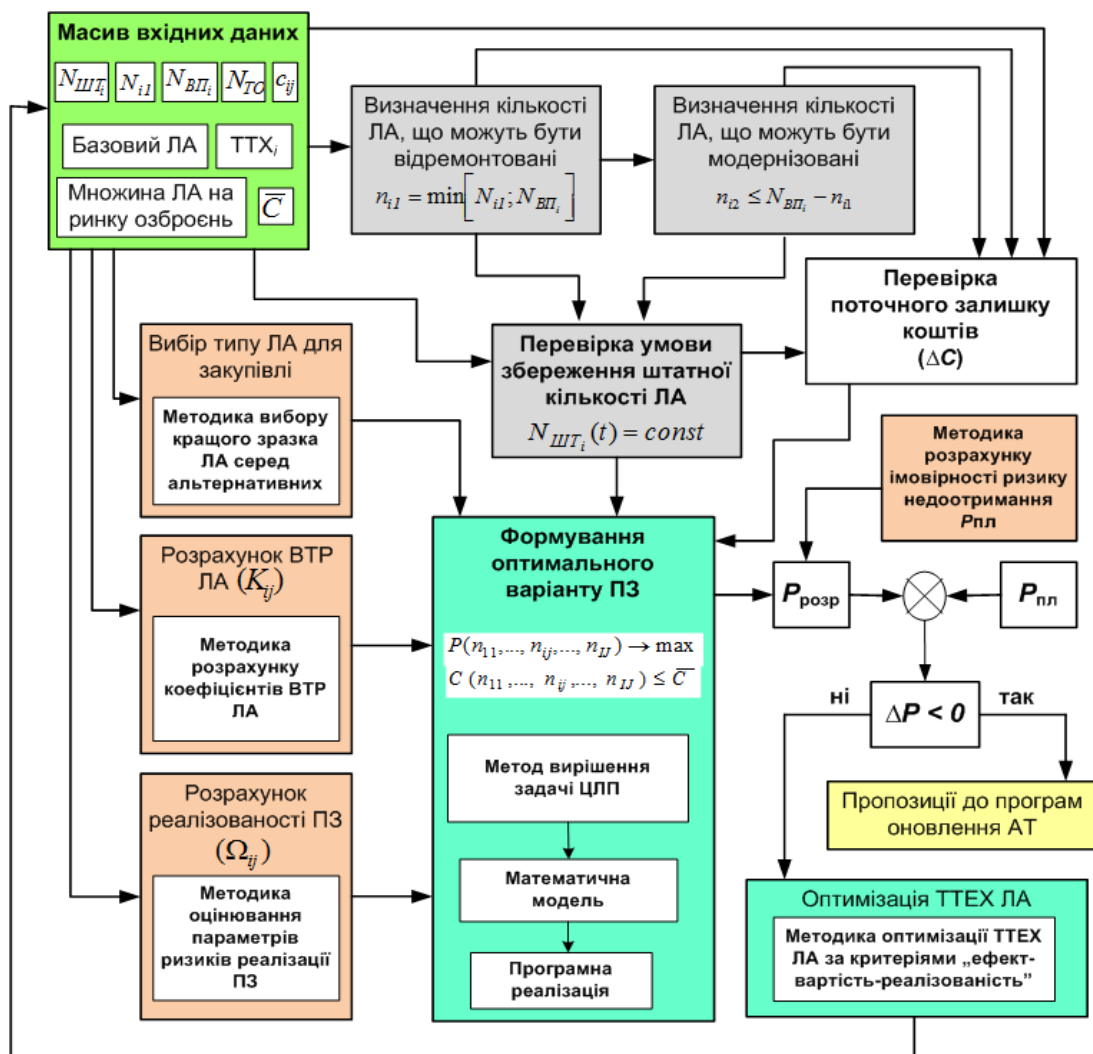


Рис. 1. Структурна схема алгоритму формування оптимального варіанту програмних заходів з оснащення авіації ЗС літальними апаратами

Масив вихідних даних включає множини ЛА на ринку озброєнь, зразок ЛА, прийнятий за базовий, варіанти модернізації ЛА, директивно задану (потрібну) штатну кількість ЛА у бойовому складі, тактико-технічні характеристики (ТТХ) 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 ін.

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

визначення кількості ЛА, що можуть бути відремонтовані, виходячи з потреби, 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 [1], яка засновується на методологічному апараті кваліметрії – науки, що займається проблематикою кількісних оцінок якості об'єктів (виробів, процесів). Кількісне оцінювання реалізованості ПЗ здійснюється через визначення імовірності настання визначальних ризиків реалізації відповідних ПЗ за допомогою методологічного апарату теорії ризиків [2].

Власне задача дослідження у постановці (2) ... (11) відноситься до класу задач цілочисленого 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 [3].

Відомі методи наближеного вирішення задачі лінійного програмування "рюкзачного" типу, як показує практика, дають рішення, які, іноді, значно відрізняються від оптимальних [4].

Авторами для вирішення задачі дослідження у постановці (2) ... (11) пропонується застосування комбінації метода Ньютона та алгоритму генетичного типу [5]. Попередні дослідження показують, що такий підхід дозволяє вирішувати задачу за поліноміальний час, при цьому отримані результати практично співпадають з оптимальними рішеннями.

В результаті вирішення представленої задачі отримується розрахунковий рівень бойового потенціалу виду авіації ( $P_{\text{розрах}}$ ) у кожний рік планового періоду, який порівнюється з планованим рівнем ( $P_{\text{пл}}$ ), який визначається програмними документами з питань розвитку та утримання озброєння та військової техніки ЗС. Відповідність розрахункового рівня бойового потенціалу планованому ( $\Delta P = P_{\text{пл}} - P_{\text{розрах}} \leq 0$ ) 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 ( $\Delta P = P_{\text{пл}} - P_{\text{розра}} \geq 0$ ), 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.

Програмна реалізація представленого алгоритму виконана у середовищі табличного редактору Excel програмного пакету Microsoft Office.

За результатами апробації представленого алгоритму стосовно тактичної авіації Повітряних Сил ЗС України визначено оптимальні варіанти ПЗ за роками планового періоду на 2012 ... 2017 роки. Співставлення розрахованих варіантів ПЗ із заходами, прийнятими програмними документами на вказаний період, показують, що кошти, які виділяються на реалізацію ПЗ можуть бути використані більш ефективно, якщо вони будуть перерозподілені у відповідності до розрахованих оптимальних варіантів ПЗ: приріст бойового потенціалу тактичної авіації Повітряних Сил ЗС України може скласти 8 ... 15 % за роками планового періоду – це додатково до двох умовних ескадрилій літаків типу МиГ-29 у бойовому складі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Самков О.В., Мавренков О.Є. До порівняльної оцінки військових літаків // Зб. наук. праць. – К.: КІ ВПС, 1999. – Вип. 6. – С. 135-140.
2. Мавренков О.Є., Улізько В.І. До питання оцінювання реалізованості програмних заходів з технічного оснащення авіації Збройних Сил України // Збірник наукових праць ДНДА. – 2012. – № 15. – С.24-29.
3. Белкин А.Р., Левин М.Ш. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 160 с.
4. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация (целочисленное программирование). – М.: Едиториал, 2003. – 288 с.
5. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: Учебн. пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 240 с.

*Надійшла до редакції 23.10.2013*