

УДК 351.864

О.С. Мавренков¹, В.В. Логінов², В.В. Войтенко²¹Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ПРОГРАМНИХ ЗАХОДІВ З ОСНАЩЕННЯ АВІАЦІЇ ЗБРОЙНИХ СИЛ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

В статті представлено формалізовану постановку задачі визначення раціональних варіантів програмних заходів з оснащення авіації Збройних Сил літальними апаратами за роками планового періоду як задачі цілочисельного програмування рюкзачного типу, запропоновано алгоритм її рішення на основі методу дослідження простору параметрів (ЛП-пошуку) та теорії планування експериментів, відмінністю якого є також врахування показника реалізованості програмних заходів з оснащення авіації Збройних Сил літальними апаратами, що оцінюється через науково-методичний апарат теорії ризиків.

Ключові слова: програмні заходи, технічне оснащення авіації, комбінований метод, векторна оптимізація, задача рюкзачного типу, літальний апарат.

Вступ

Основу технічного оснащення (ТО) авіації Збройних Сил (ЗС) складають програмні заходи (ПЗ) з ремонту, серійної модернізації літальних апаратів (ЛА), які перебувають в експлуатації, та закупівлі (оренди) нових сучасних ЛА. Певна кількість ремонтів, модернізованих та закуплених (орендованих) ЛА складає окремий варіант ПЗ ТО авіації ЗС. При цьому ефективність ТО авіації ЗС визначається ступенем досягнення потрібного рівня бойового потенціалу кожним видом авіації за роками планового періоду [1].

Постановка задачі. Виходячи з викладеного вище необхідно: визначити раціональні варіанти програмних заходів з технічного оснащення авіації за кожним роком планового періоду, які забезпечують максимальний рівень бойового потенціалу певного виду авіації на заданий період часу за умови не перевищення виділеного (призначеного) ліміту коштів. При цьому урахувати реалізованість таких програмних заходів та обмеження на штатну чисельність парку ЛА певного виду авіації, рівень їх справності, терміни та темпи оснащення авіації ЗС авіаційною технікою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вирішення цього завдання можливо за рахунок визначення раціональних варіантів ПЗ з ТО авіації ЗС, тобто раціонального співвідношення ремонтів, модернізованих та закуплених (орендованих) ЛА за роками планового періоду. На сьогодні така задача в органах військового управління вирішується евристичними методами, що обумовлює велику імовірність прийняття помилкових рішень та нераціональне витрачання фінансового ресурсу військового відомства. Тому розроблення формалізованих алгоритмів у системі планування та реалізації заходів щодо

ТО авіації ЗС на основі сучасного науково-методологічного апарату теорії прийняття рішень є актуальною науково-прикладною проблемою [2 – 5].

Тому метою статті є розробка науково-методичного підходу до формування програмно-алгоритмічного апарату та визначення раціональних 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.

Основна частина досліджень

Формалізоване представлення задачі визначення раціональних варіантів має такий вигляд:

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

при виконанні умов (обмежень):

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J c_{ij} n_{ij} \leq \bar{C}; \quad (2)$$

$$n_{ij} \geq 0, \text{ цілі}; \quad i = 1, 2, \dots, I;$$

$$j = 1, 2, \dots, J; \quad K_{ij} > 0; \quad 0 < R_{ij} \leq 1; \quad 0 < c_{ij} \leq \bar{C}; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} + \sum_{i=1}^I N_i^0 - \sum_{i=1}^k N_{СПi} = \bar{N}_{ШТ}, \quad (4)$$

де n_{ij} – кількість ЛА i -го типу, отриманих при реалізації j -го ПЗ; K_{ij} – коефіцієнт військово-технічного рівня ЛА; R_{ij} – значення показника реалізованості j -го ПЗ стосовно ЛА i -го типу; c_{ij} – вартість реалізації j -го ПЗ для ЛА i -го типу; \bar{C} – ліміт коштів, виділених на реалізацію комплексу ПЗ у

певний рік планового періоду; N_i^0 – кількість ЛА і-го типу не задіяних у реалізації ПЗ; $N_{СП_i}$ – кількість ЛА і-го типу, що виводяться (списуються) з бойового складу у певний рік планового періоду; $\bar{N}_{ШТ}$ – штатна кількість ЛА певного виду авіації.

Така задача є різновидом відомої у комбінаторній оптимізації задачі “про рюкзак”, яка передбачає вибір з вихідної множини об’єктів деякої її частини (“рюкзака”) так, щоб на вибраній підмножині досягався екстремум цільової функції та виконувалися певні обмеження [6].

Так, рішенням представленої вище задачі є багатомірний вектор

$$P\{n_{11}, n_{12}, \dots, n_{21}, n_{22}, \dots, n_{ij}, \dots, n_{ij}\},$$

який максимізує цільову функцію (1) при виконанні умов (2)–(4).

Задачі “про рюкзак” (за виключенням найпростіших випадків з одиничними коефіцієнтами в цільовій функції) відносяться до класу NP-складних. Вважається, що задачі цього класу не вирішувані за поліноміальний час. Доцільним є використання для таких задач ефективних наближених алгоритмів. При цьому алгоритм є ефективним, якщо його трудомісткість та потрібний об’єм машинної пам’яті поліноміально залежать від розмірності задачі, під якою розуміється довжина двоїчного запису усіх вхідних даних [6].

Наближені алгоритми вирішення задач рюкзачного типу засновані на застосуванні методів динамічного програмування, гілок і границь або інших переборних методів для задач невеликої розмірності. У випадках значної розмірності застосовують евристичні алгоритми (наприклад, “жадібні” алгоритми, відмова від умови цілочисленості, комбіновані алгоритми та ін.).

Однак, як показує практика, при цьому, можуть бути отримані рішення, які значною мірою відрізняються від оптимальних [6].

Для уникнення недоліків, притаманних відомим підходам вирішення задач рюкзачного типу, в роботі пропонується комбінований метод векторної оптимізації, заснований на зондуванні факторного (критеріального) простору точками ЛП-последовності (ЛП-пошук) із застосуванням теорії планування експериментів [7–9].

Загальну блок-схему алгоритму вирішення такої задачі представлено на рис. 1.

Вхідними даними тут є визначальні тактико-технічні характеристики (ТТХ) ЛА, що в свою чергу виступають вхідними параметрами моделі оцінювання його військово-технічного рівня, дані щодо вартості реалізації окремих ПЗ, дані щодо кількості ЛА, які потребують ремонту, модернізації, закупівлі (оренди) та виробничі потужності підприємств по ремонту та модернізації ЛА.

При цьому у постановку задачі (1)–(4) вводяться такі додаткові обмеження:

$$n_{11} = \min[\bar{N}_{11}; N_{ВП_1}]; \quad (5)$$

$$n_{12} \leq \min[\bar{N}_{12}; N_{ВП_1} - \min[\bar{N}_{11}; N_{ВП_1}]]; \quad (6)$$

$$n_{13} \geq \bar{N}^{TO}, \quad (7)$$

де n_{11}, n_{12}, n_{13} – кількості ЛА і-го типу, отриманих при реалізації певного ПЗ: ремонту ($j = 1$), серійної модернізації ($j = 2$), закупівлі (оренди) ($j = 3$) відповідно; $\bar{N}_{11}, \bar{N}_{12}$ – кількості ЛА і-го типу, що потребують ремонту ($j=1$) та модернізації ($j = 2$) відповідно у поточному році планового періоду; $N_{ВП_1}$ – виробничі потужності підприємств по ремонту (модернізації) ЛА і-го типу; \bar{N}^{TO} – кількість ЛА у тактичній авіаційній одиниці (під тактичною авіаційною будемо розуміти авіаційну ескадрилью – для тактичної авіації, як правило, 12–14 літаків).

Умова (5) визначає, що в поточному році планового періоду відремонтованою повинна бути кількість ЛА і-го типу, що потребують ремонту, якщо ця кількість не перевищує виробничі потужності підприємства по ремонту цього типу ЛА, або така кількість, що відповідає виробничим потужностям підприємства, якщо кількість ЛА і-го типу, що потребують ремонту, перевищує виробничі потужності підприємства.

Обмеження (6) визначає, що модернізована кількість ЛА і-го типу не повинна перевищувати виробничі потужності підприємства по модернізації з урахуванням кількості ЛА, що будуть ремонтуватися на підприємстві у поточному році.

Умова (7) визначає, що закупити (орендувати) необхідно одночасно певну кількість ЛА, як правило, не менше авіаційної ескадрильї.

Розрахунок військово-технічного рівня ЛА здійснюється за допомогою методики [10], яка засновується на методологічному апараті кваліметрії – науки, що займається проблематикою кількісних оцінок якості об’єктів (виробів, процесів), та в основу якої покладено постулат про аналогію між поняттями “технічний рівень виробу” та “коефіцієнт військово-технічного рівня ЛА”.

Кількісне оцінювання реалізованості ПЗ пропонується здійснювати через визначення імовірності настання визначальних ризиків реалізації відповідних ПЗ за допомогою методологічного апарату теорії ризиків [11].

Генерування можливих (допустимих) варіантів ПЗ здійснюється у двокритеріальному просторі “бойовий потенціал – вартість” за допомогою зондування цього простору точками, рівномірно розподіленої ЛП-последовності із застосуванням теорії планування експериментів [7–9].

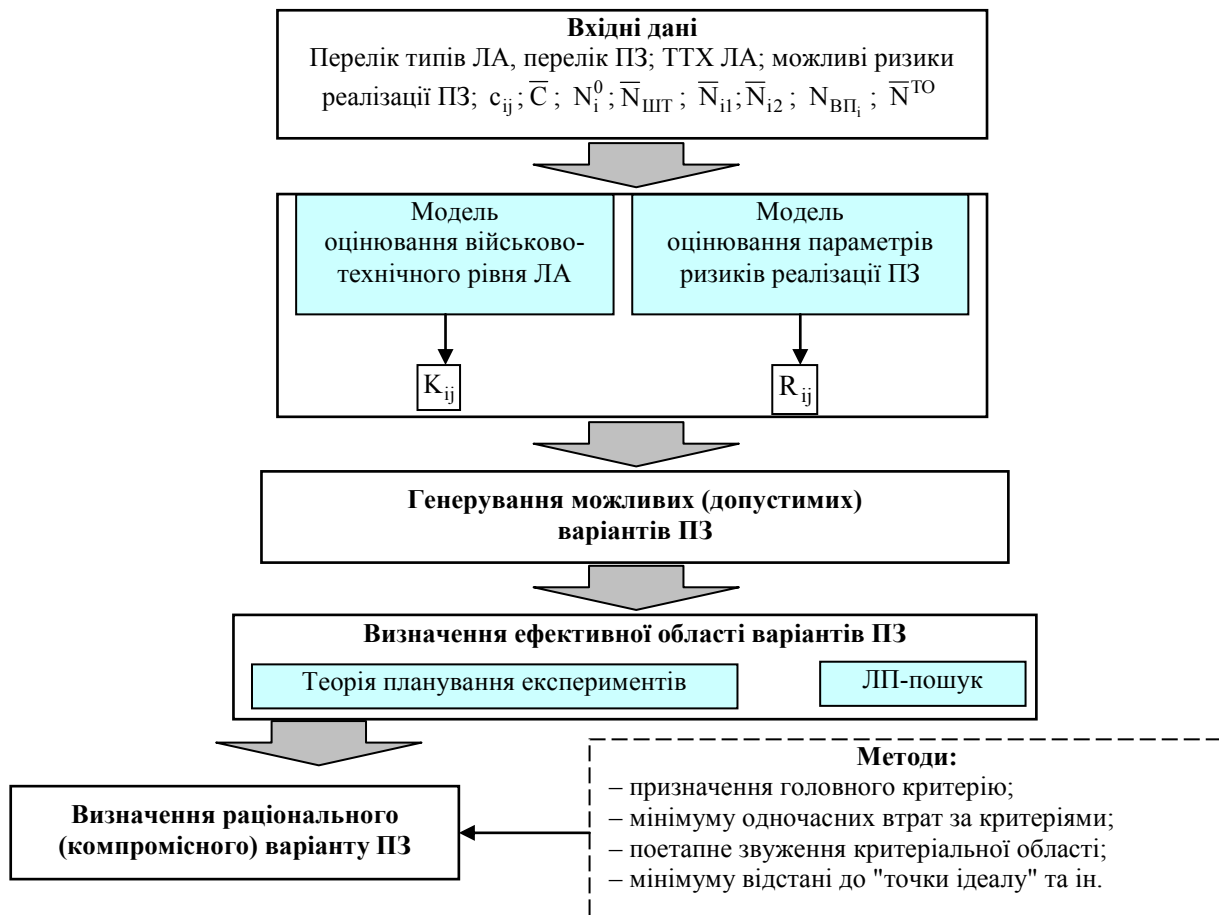


Рис. 1. Блок-схема алгоритму визначення раціональних варіантів програмних заходів з технічного оснащення авіації Збройних Сил

При цьому, кожна q -та точка критеріального простору ($q = 1, Q$) являє собою певний варіант ПЗ зі своїм значенням рівня бойового потенціалу (P_q), що є результатом реалізації цього варіанту ПЗ, та вартості його реалізації (C_q). Оцінювання рівня бойового потенціалу здійснюється за відповідною математичною моделлю, в основу якої покладено аналітичні вирази, наведені в [1].

Визначення ефективної (оптимальної) області варіантів ПЗ здійснюється за умов прийнятого напрямку оптимізації – максимізація бойового потенціалу та мінімізація фінансових витрат, якому відповідає ліва верхня межа області можливих (допустимих) варіантів ПЗ у критеріальному просторі "бойовий потенціал – вартість".

Для оптимальних варіантів ПЗ повинна виконуватися умова: варіант q^e належить до ефективної (оптимальної) області, якщо не існує іншого такого варіанту q , для якого $P_{q^e} \geq P_q$, $C_{q^e} \leq C_q$ для усіх $q = 1, Q$ та хоч би для одного критерію має місце суворі нерівність

$$P_{q^e} > P_q \text{ або } C_{q^e} < C_q \text{ [9].}$$

Визначення раціонального (компромісного) варіанту ПЗ може бути здійснено за допомогою різних методів: виконання умови мінімуму зважених віднос-

них витрат за критеріями оптимізації; поетапне звуження критеріальної області; розрахунок мінімуму відстані до "точки ідеалу" в критеріальному просторі [7, 9].

При апробації запропонованого алгоритму для визначення раціонального (компромісного) варіанту ПЗ було застосовано метод мінімуму відстані до "точки ідеалу" в просторі нормованих критеріїв.

На основі представленого підходу до визначення раціональних варіантів ПЗ з ТО авіації збройних сил розроблено формалізований алгоритм, програмна реалізація якого виконана у середовищі пакету прикладних програм "Оптимус" ("Ідентифікація, моделювання, оптимізація складних багатокритеріальних систем") на мові програмування C++ [12].

За результатами апробації представленого алгоритму визначено раціональні варіанти ПЗ за роками планового періоду до 2017 року. 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 раціональних варіантів ПЗ (приріст бойового потенціалу тактичної авіації ЗС України може скласти більше 10 % на кінець планового періоду у межах запланованих асигнувань).

Висновки по дослідженню

Розроблено науково-методичний підхід до формування програмно-алгоритмічного апарату та визначення раціональних 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.

Перспективи подальших досліджень

Проведення подальших досліджень за представленою тематикою здійснюється у напрямках апробації розробленого програмно-алгоритмічного апарату стосовно військово-транспортної та розвідувальної авіації Повітряних Сил ЗС України та удосконалення методики оцінювання реалізованості ПЗ шляхом уточнення переліку можливих ризиків їх реалізації та математичного апарату розрахунку параметрів цих ризиків.

Список літератури

1. Мавренков О.Є. До питання оцінювання заданого рівня бойового потенціалу авіації Збройних Сил України / О.Є. Мавренков, С.І. Леженін // Збірник наукових праць ДНДІА. – 2011. – № 14. – С. 16-22.
2. Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и военной техники: уч. пособ. в 4-х кн. / Б.А. Демидов, М.М. Митрахович, М.И. Луханин и др. – Х.: Изд. ХВУ, 1997. – 425 с.
3. Методологічні аспекти формування вимог до систем озброєння Збройних Сил України / В.В. Антонець, В.М. Миронович, О.В. Сафронов, С.Л. Луцук // Наука і оборона. – 2002. – № 4. – С. 52-55.
4. Стеценко О.О. Методологічні аспекти формування оперативно-стратегічних та оперативно-тактичних вимог до перспективних систем озброєння Збройних Сил України / О.О. Стеценко, О.П. Ковтуненко, І.С. Цибулько // Наука і оборона. – 2001. – № 4. – С. 46-54.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ПРОГРАММНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОСНАЩЕНИЮ АВИАЦИИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

О.Е. Мавренков, В.В. Логинов, В.В. Войтенко

В статье представлена формализованная постановка задачи определения рациональных вариантов программных мероприятий по оснащению авиации вооруженных сил летательными аппаратами по годам планового периода как задачи целочисленного программирования рюкзачного типа, предложен алгоритм ее решения на основе метода исследования пространства параметров (ЛП-поиска) и теории планирования экспериментов, отличаем которого является также учет показателя реализуемости программных мероприятий по оснащению авиации вооруженных сил летательными аппаратами, который оценивается через научно-методический аппарат теории рисков.

Ключевые слова: программные мероприятия, техническое оснащение авиации, комбинированный метод, векторная оптимизация, задача рюкзачного типа, летательный аппарат.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACH TO THE DEFINITION OF RATIONAL OPTION PROGRAM ACTIVITIES ACCESSORIES AIRCRAFT ARMED FORCES OF AIRCRAFT

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

This paper presents a formalized statement of the problem definition of rational choices of program activities to equip the aircraft force aircraft by year plan period as a programming problem tsilochyslenoho packs type algorithm for its solution on the basis of the parameter space research (LP-search) and planning of experiments and theory, difference is also taking into account the feasibility indicator of program activities to equip air force aircraft, estimated through scientific and methodological apparatus of the theory of risk.

Keywords: program activities, technical equipment of aircraft, combined method, vector optimization, problems such as back packs, aircraft.

5. Демидов Б.А. Элементы методологии обоснования направленной развития и формирования облика перспективной системы вооружения вида вооруженных сил государства / Б.А. Демидов, А.Ф. Величко, О.А. Хмелевская // Системы управления, навигации та зв'язку. – Х.: ХУПС, 2010. – Вып. 3(15). – С. 187-194.

6. Белкин А.Р. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации / А.Р. Белкин, М.Ш. Левин. – М.: Наука, 1990. – 160 с.

7. Исследование и проектирование больших технических систем: моногр. / И.А. Попов, В.В. Скворцов, А.К. Мицтитис; под ред. И.А. Попова; Киевский ин-т Воен.-Возд. Сил. – К.: КИВВС, 1995. – 252 с.

8. Соболев И.М. Точки, равномерно заполняющие многомерный куб / И.М. Соболев // Новое в жизни, науки, технике. Сер. "Математика, кибернетика", № 2. – М.: Знание, 1985. – 32 с.

9. Большие технические системы: проектирование и управление: моногр. / Л.М. Артюшин, Ю.К. Зиятдинов, И.А. Попов, А.В. Харченко; Киевский ин-т Воен.-Возд. Сил. – Х.: Изд-во "Факт", 1997. – 400 с.

10. Самков О.В. До порівняльної оцінки військових літаків / О.В. Самков, О.Є. Мавренков // Зб. наук. праць. – К.: КІ ВПС, 1999. – Вып. 6. – С.135-140.

11. Мавренков О.Є., Улізько В.І. До питання оцінювання реалізованості програмних заходів з технічного оснащення авіації Збройних Сил України // Зб. наук. праць. – К.: ДНДІА, 2012. – Вып. 15. – С. 135-140.

12. Сегал В.В. Анализ и синтез сложных систем / В.В. Сегал. – К.: ЦЭМИ "Триденда", 1994. – 369 с.

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

Надійшла до редколегії 1.02.2013

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