

УДК 623.4:519.85

Б.О. Попков<sup>1</sup>, М.Ю. Мокроцкий<sup>2</sup>, К.И. Лупиёва<sup>3</sup><sup>1</sup>Военно-научное управление ГШ ВС Украины, Киев<sup>2</sup>Научный центр боевого применения ракетных войск и артиллерии СумГУ, Сумы<sup>3</sup>Сумской государственной университет, Сумы

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИНАНСОВОГО РЕСУРСА В ИНТЕРЕСАХ РАЗРАБОТКИ И МОДЕРНИЗАЦИИ СРЕДСТВ ОГНЕВОГО ПОРАЖЕНИЯ

*Предложен порядок определения рационального варианта распределения ограниченного финансового ресурса в интересах разработки и модернизации средств огневого поражения на основе военно-экономической оценки результатов решений задачи оптимизации.*

**Ключевые слова:** ресурс, оптимизация, средства огневого поражения, боевой потенциал.

### Введение

**Постановка задачи.** В мировой практике разработки программ развития систем военного назначения накоплен существенный опыт теоретических исследований и методических аспектов разработки целевых программ развития вооружения и военной техники (ВВТ) [1], однако теория и методология программно-целевого планирования и оценки управленческих решений по реализации программ развития ВВТ до этой времени носит незавершенный характер [1].

В связи с этим актуальным остается вопрос определения приоритетов в интересах разработки (модернизации) средств огневого поражения в условиях: ситуаций, которые исторически сложились и характеризующих нынешнее состояние отечественного вооружения и военной техники; ограниченных финансовых ресурсов, выделяемых на их развитие; объективной необходимости комплексного и сбалансированного развития средств огневого поражения противника (СОП) родов (видов) вооруженных сил.

Существующие проблемные вопросы требуют решения задач оптимизации распределения ограниченных финансовых ресурсов, результаты которых позволят принять более обоснованное решение по выбору приоритетов развития ВВТ, сконцентрировать усилия и ресурсы на реализации первоочередных мероприятий в целях обеспечения эффективности, как отдельных программных мероприятий, так и программы развития ВВТ в целом.

**Целью изложенного материала** является определение методического подхода к решению задачи определения оптимального варианта распределения финансового ресурса в интересах развития системы (СОП). При этом для комплексного исследования вопроса предложено рассматривать как количественный, так и качественный аспекты данной задачи.

### Математическая постановка

Решение задачи оптимизации распределение ограниченного ресурса в интересах развития СОП является важным мероприятием планирования успешного развития систем ВВТ в целом.

Главной целью рассматриваемых мероприятий является отыскание такого плана распределения ресурсов, который бы удовлетворял требованиям достижения требуемого уровня боевого потенциала системы СОП.

Данная задача математического программирования в общем виде считается задачей о ранце [2]. Задача сводится к задаче нахождения такого плана распределения финансового ресурса  $C = \{c_i x_i\}$ , который позволит максимизировать функцию вида:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n a_i b_i x_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

$x_i$  – количество комплектов СОП  $i$ -го типа;

$n$  – количество типов комплектов;

$a_i$  – коэффициенты важности прироста боевого потенциала системы СОП за счет комплектов  $i$ -го типа;

$b_i$  – значение боевого потенциала комплекта СОП  $i$ -го типа;

$c_i$  – стоимость комплекта  $i$ -го типа средств огневого поражения.

Для решения задачи (1) приняты следующие основные условия и ограничения.

1. Имеется определенное количество  $i$ -х типов комплектов системы СОП. Комплекты  $i$ -го типа состоят из однородных СОП, количество которых в комплекте соответствует организационно-штатной структуре основного тактического подразделения рода (вида) войск.

2. Коэффициенты важности прироста боевого потенциала комплектов  $i$ -го типа в системе СОП ( $a_i$ ) нормализованы в соответствии с принятым условием, что:

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1.$$

3. На распределение финансового ресурса накладывается ограничение вида:

$$\sum_{i=1}^n x_i c_i \leq D, \quad (2)$$

где  $D$  – выделенный общий финансовый ресурс на разработку (модернизацию) и функционирование СОП (эксплуатационные затраты).

4. Значение боевого потенциала системы СОП:

$$W = \sum_{i=1}^n b_i x_i \geq W_{\text{тр}}, \quad (3)$$

где  $b_i$  – боевой потенциал комплекта  $i$ -го типа СОП может принимать следующие значения:  $b_{1i}$  – боевой потенциал комплект  $i$ -го типа, который разрабатывается,  $b_{2i}$  – модернизируется,  $b_{3i}$  – функционирует без изменений;  $W_{\text{тр}}$  – требуемое значение боевого потенциала является нижней границей для выбора возможных вариантов распределения ресурсов и задается лицом, которое принимает решение.

Формально совокупность возможных вариантов оснащения системы СОП может быть представлена в виде множества комплектов  $X = \{x_i\}$ . Варианты распределения, которые не удовлетворяют условию (3) исключаются из дальнейшего рассмотрения.

В условиях с бесконечным финансовым ресурсом процесс разработки и закупки новых образцов вооружения должен быть обеспечен необходимым уровнем финансового обеспечения.

Но поскольку мы имеем ограниченный финансовый ресурс, а вклад образцов конкретных типов для достижения цели функционирования системы СОП разный, то возникает необходимость решения задачи, условия которой предусматривают, что не все комплекты СОП входящие в рассматриваемую систему могут быть заменены на новые или модернизированы одновременно.

Распределение ресурса может осуществляться исходя со следующих значений составляющих стоимость комплектов СОП:

$c_{1i}$  – стоимость разработки и функционирования новых комплектов  $i$ -го типа;

$c_{2i}$  – стоимость модернизации существующих комплектов  $i$ -го типа и их функционирования;

$c_{3i}$  – стоимость функционирования существующих комплектов  $i$ -го типа.

Стоимость всех комплектов СОП  $C(x)$ , которые входят в систему рассчитывается по формуле:

$$C(x) = \sum_{i=1}^n c_i x_i, \quad (4)$$

где  $c_i$  может принимать значение из множества  $\{c_{1i}, c_{2i}, c_{3i}\}$  для каждого типа комплектов.

С учетом постановки задачи вида (1) и условий сформулированных в пунктах 1 – 4 предложен сле-

дующий подход к решению задачи распределения финансового ресурса:

1. Задать начальные значения величин и условий распределения: количество типов комплектов СОП, коэффициенты относительной важности прироста их боевого потенциала в системе СОП, требуемое значение боевого потенциала системы СОП, количество ограниченного ресурса, боевые потенциалы и стоимости комплектов  $i$ -х типов для всех вариантов оснащения системы СОП.

Множество вариантов распределения финансового ресурса по комплектах СОП определяется, как декартово произведение количества типов комплектов СОП и количества вариантов стоимости комплектов СОП.

2. Определить вид целевой функции решения задачи оптимизации распределения ограниченного финансового ресурса в соответствии с общей постановкой (1).

3. На всем множестве вариантов оснащения системы СОП решить задачу оптимизации распределения финансового ресурса и вычислить значения целевой функции.

Процесс назначения финансовых средств на комплекты СОП осуществляется с учетом важности прироста боевого потенциала комплектов  $i$ -х типов в системе СОП.

4. Вычислить значение затрат на систему СОП (4). Задача распределения финансового ресурса считается решенной, когда распределен весь ресурс средств (2).

5. По результатах решения задачи распределения финансового ресурса вычислить значение боевого потенциала системы СОП в соответствии с условием (3).

6. Среди всех рассчитанных вариантов выбрать вариант распределения ресурсов, который удовлетворяет требованию (1).

При этом окончательный выбор плана распределения ресурса может быть произведен лицом принимающим решение из множества вариантов соответствующих условию (3).

## Применение метода неопределенных множителей Лагранжа

Важное значение для рассматриваемой задачи имеет выбор возможных методов ее решения. Применение метода неопределенных множителей Лагранжа для решения задачи оптимального распределения возможно при следующих условиях [3]:

– дифференцируемости целевой функции и взаимно однозначного представления производной целевой функции и ее аргументов;

– если увеличение целевой функции на единицу финансового ресурса малое, а для решения задания относительно функционирования разных ком-

плектов назначаются десятки и сотни единиц финансового ресурса.

Определение вида целевой функции. Во многих практических случаях моделирование распределения ограниченного финансового ресурса линейными уравнениями дает вполне удовлетворительный результат и может использоваться для целей анализа и прогнозирования. Однако, в силу многообразия и сложности процессов распределения ресурсов ограничиваться лишь рассмотрением линейных регрессионных моделей невозможно. Многие случаи распределения ресурса не являются линейными по своей сути, и поэтому их моделирование линейными уравнениями регрессии, безусловно, не даст положительного результата. Достаточно широко применяются в современном анализе обратная и экспоненциальная модели. Для нелинейного представления целевая функция авторами выбрана экспоненциальная модель вида:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n (1 - e^{-a_i z_i}) \rightarrow \max, \quad (5)$$

где  $z_i = c_i x_i$  – затраты финансового ресурса на комплект СОП  $i$ -го типа.

В этом случае задача оптимизации распределения ограниченного финансового ресурса может быть сформулирована следующим образом: найти такой план распределения финансового ресурса  $Z = \{z_i\}$ , при котором достигается максимальное значение целевой функции (5) с ограничениями:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n z_i \leq D; \\ z_i \geq 0. \end{cases}$$

С учетом требований условия  $z_i \geq 0$  при получении для некоторых  $i$ -х типов комплектов отрицательных значений необходимо выполнить следующие действия: принять  $W_i = 0$  и исключить комплекты  $i$ -го типа из рассмотрения, а затем осуществить повторный расчет оптимального плана распределения.

Для этой задачи строим функцию Лагранжа, которая включает целевую функцию, ограничение и неопределенный множитель Лагранжа  $\lambda$ :

$$L(z_i, \lambda) = \sum_{i=1}^n (1 - e^{-a_i z_i}) + \lambda \left( \sum_{i=1}^n z_i - D \right).$$

Необходимые условия экстремума (максимума, минимума):

$$\begin{cases} \frac{\partial L(z_i, \lambda)}{\partial z_i} = 0; \\ \frac{\partial L(z_i, \lambda)}{\partial \lambda} = 0. \end{cases}$$

В нашем случае целевая функция позволяет получить аналитическое решение поставленной оптимизационной задачи:

$$\begin{cases} \frac{\partial L(z_i, \lambda)}{\partial z_i} = a_i e^{-a_i z_i} + \lambda = 0; \\ \frac{\partial L(z_i, \lambda)}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^n z_i - D = 0. \end{cases}$$

Выражаем  $z_i$ , как:

$$z_i = \frac{\ln(a_i) - \ln(-\lambda)}{a_i}. \quad (6)$$

Находим

$$\ln(-\lambda) = \left( D - \sum_{i=1}^n \frac{\ln(a_i)}{a_i} \right) / \left( - \sum_{i=1}^n \frac{1}{a_i} \right)$$

и подставляем в зависимость (6). Находим  $z_i$  – затраты на каждый комплект, чтобы определить количество комплектов нужно из  $z_i$  найти  $x_i = z_i / c_i$ .

Рассмотрим решения задачи с использованием метода неопределенных множителей Лагранжа на примере.

**Пример.** Определить оптимальный план распределения финансового ресурса в условиях, что исходными данными для решения задачи являются значения приведенные в табл. 1 и 2.

Указанное количество типов комплектов (табл. 1), с представлением того, что система СОП может состоять из: разрабатываемых, модернизируемых и существующих (функционирующих комплектов без изменений), позволяет сформировать 75 вариантов оснащения средств огневого поражения.

Авторами представлены варианты (табл. 3), которые удовлетворяют условия (2, 3). Предложенный подход позволяет получить варианты решений (табл. 3) среди, которых возможно выбрать оптимальный и наиболее приемлемый (рациональный) для возможных, сложившихся условий обстановки.

Таблица 1

Характеристики общих исходных данных

Характеристика	Значение
Количество типов комплектов, ед.	5
Суммарное количество выделенного финансового ресурса, у.е.	200
Требуемое значение боевого потенциала, норм. величина	17

Таблица 2

## Основные характеристики комплектов СОП

Тип комплекта ( $x_i$ )	Коэффци. важности прироста боевого потенциала ( $a_i$ )	Значение боевого потенциала ( $b_{1i}$ ), норм. величина	Значение боевого потенциала ( $b_{2i}$ ), норм. величина	Значение боевого потенциала ( $b_{3i}$ ), норм. величина	Стоимость ( $c_{1i}$ ), у.е.	Стоимость ( $c_{2i}$ ), у.е.	Стоимость ( $c_{3i}$ ), у.е.
$x_1$	0.2	1.9	1.6	0.9	21	15	13
$x_2$	0.4	2	1.8	1	24	18	16
$x_3$	0.1	1.6	1.4	0.85	19	15	12
$x_4$	0.05	1.7	1.2	0.85	17	14	11
$x_5$	0.25	2	1.7	1	20	17	19

Таблица 3

Возможное значение боевого потенциала по результатам распределения в соответствии с условием (3)

Варианты оснащения СОП	Значение (W)
Все комплекты разрабатываемые	18,69
Все комплекты модернизируемые	18,65
2 разрабатываемых, 3 модернизируемых комплекта	17,94
3 разрабатываемых, 1 модернизируемый, 1 существующий комплект	17,23
2 разрабатываемых, 2 модернизируемых, 1 существующий комплект	17,68
4 разрабатываемых, 1 модернизируемый комплект	18,96*

Примечание. \* – Оптимальный вариант решения задачи.

## Выводы

Таким образом, представленный методический подход может быть использован для решения задач военно-экономической оценки при принятии решений по определению приоритетов разработки и модернизации конкретных типов СОП ВВТ в условиях, характеризующих возможное значение их боевого потенциала, важность его прироста и наличия ограничений финансового ресурса. Результаты решения комбинаторной задачи представляют возможность выбора наиболее оптимального (рационального) плана распределения финансового ресурса (в конкретных условиях и ограничениях по принятию решений).

## Список литературы

1. Основы теории и методологии планирования строительства вооруженных сил российской федерации. Военно-теоретический труд / А.В. Квашинин, В.И. Останков и др. – М.: Воентехиздат, 2002. – 232 с.
2. Берзин Е.А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем / Е.А. Берзин. – М.: Сов. радио, 1974. – 304 с.
3. Ефимов Н.Е. Применение методов математического программирования для оптимизации плана огневого поражения противника / Н.Е. Ефимов. – Л.: ВАА, 1993. – 54 с.

Поступила в редколлегию 14.02.2013

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр. И.В. Коплык, Сумской государственный университет, Сумы.

## РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ ФІНАНСОВОГО РЕСУРСУ НА КОРИСТЬ РОЗРОБКИ І МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ

Б.О. Попков, М.Ю. Мокроцький, К.І. Лупийова

Розглянуто порядок визначення раціонального варіанту розподілу обмеженого фінансового ресурсу в інтересах розробки і модернізації засобів вогневого ураження на основі військово-економічної оцінки результатів розв'язання задачі оптимізації.

**Ключові слова:** ресурс, оптимізація, засоби вогневого ураження, бойовий потенціал.

## DECISION TASK OF OPTIMIZATION OF DISTRIBUTING OF FINANCIAL RESOURCE IS ON BENEFIT OF DEVELOPMENT AND MODERNIZATION OF FACILITIES OF FIRE DEFEAT

B.O. Popkov, M.Yu. Mokrockiy, K.I. Lupieva

The order of determination of rational variant of distributing of the limited financial resource is considered in interests of development and modernization of facilities of fire defeat on the basis of strategic estimation of results of decision of task of optimization.

**Keywords:** resource, optimization, facilities of fire defeat, battle potential.