

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ ОБОРОНЫ ЛОКАЛЬНОГО ОБЪЕКТА

к.т.н. В.Б. Кононов, к.т.н. Ю.И. Кушнерук, И.Г. Дзеве́рин, А.П. Гу́рин  
(представил проф., д.т.н. Б.Ф. Самойленко)

*В статье рассматривается модель обороны локального объекта, имеющая место для некоторых симметричных оборонительных систем.*

Рассмотрим систему обороны локального объекта стороны **A**, состоящую из нескольких типов оборонительных средств. Данная система должна быть готова к отражению целого спектра приемов нападения со стороны **B**. Из-за большой разницы в технических требованиях либо совсем невозможно, либо экономически невыгодно создавать единственный тип средств стороны **A**, который был бы эффективен против всех возможных видов нападения со стороны **B**. На некотором этапе планирования системы обороны подобная разнородность характеристик средств приводит к необходимости решить вопрос о наилучшем сочетании различных типов средств обороны стороны **A**. В общем случае, требуется определить, сколько средств и какого типа должно быть предусмотрено в системе обороны стороны **A**. Рассмотрим модель обороны.

Пусть  $D_1 \left( \overline{1=1, N} \right)$  - число оборонительных элементов стороны **A**,

оснащенных  $l$  - м типом средств. Все оборонительные элементы стороны **A**, оснащенные  $l$  - м типом средств равномерно распределены вдоль окружности с радиусом  $r_1$  и с центром, совпадающим с обороняемым объектом. Обороняющаяся сторона может выбирать величину радиуса  $r_1$  по своему желанию. Так как порядок размещения вида оборонительных элементов стороны **A** представляет собой отдельную окружность, то система обороны в целом состоит из нескольких концентрических кольцевых оборонительных поясов, окружающих обороняемый район. Такой порядок основан на предположении о равной вероятности нападения со всех сторон [1].

Эффективность действий одного оборонительного элемента стороны **A**,  $l$  - го типа расположенного на окружности радиуса  $r_1$ , против  $i$  - го типа средств воздушного нападения стороны **B** характеризуется математическим ожиданием  $E_{li}(r_1)$  средств налёта стороны **B**, пораженных оборонительным элементом  $l$  - го типа стороны **A**, до того, как атакующие единицы стороны **B** достигли рубежа поражения объекта. Этот параметр является функцией характеристик налета средств стороны **B** и характе-

ристик оборонительных элементов стороны **A** [2]. Действительное число уничтоженных средств налета стороны **B** зависит также от положения оборонительных элементов стороны **A** на окружности, порядка размещения различных видов оборонительных элементов стороны **A** относительно направления налета средств стороны **B**. Однако с помощью усреднения математического ожидания числа уничтоженных средств налета по всем возможным направлениям нападения стороны **B** величину  $E_{ii}(r_1)$  можно сделать независимой от расположения оборонительной единицы на кольце обороны. Так как содержание статьи сфокусировано на модели сбалансированной обороны, то функция математического ожидания числа средств налета стороны **B**, пораженных оборонительным элементом стороны **A**, считается заданной.

Атакующая сторона старается максимизировать ущерб, наносимый объекту при заданном уровне усилий, вложенных в налет. Аналогично, обороняющаяся сторона стремится минимизировать ущерб, наносимый объекту при заданном уровне усилий, вложенных в отражение налета.

Рассмотрим модель сбалансированной обороны.

Если атакующая сторона **B** выбрала  $i$  - й тип средств нападения, то локальная система обороны действует против  $R_i(i = \overline{1, M})$  атакующих единиц, каждая из которых обладает разрушительным потенциалом  $b_i(i = \overline{1, M})$ . План  $D^k$  распределения средств оборонительных элементов стороны **A** представляет собой вектор [3]:

$$D^k = [D_1^k, D_2^k, \dots, D_N^k], \quad k = \overline{1, s}, \quad (1)$$

где  $D_l^k (l = \overline{1, N}; k = \overline{1, s})$  - количество оборонительных элементов стороны **A**, оснащенных  $l$  - м типом средств для  $k$  - го плана распределения;  $s$  - количество планов распределения оборонительных средств;  $N$  - количество видов оборонительных элементов стороны **A**.

Реализация  $k$  - го плана распределения средств  $l$  - го типа стороны **A** ограничена общим бюджетом  $A_0$ , который выделяется для построения и эксплуатации оборонительных средств  $l$  - го типа

$$\sum_{l=1}^N W_l D_l^k \leq A_0, \quad k = \overline{1, s}, \quad (2)$$

где  $W_l (l = \overline{1, N})$  - начальная стоимость единицы средства  $l$  - го типа стороны **A** и стоимости его эксплуатации, которая приходится на один оборонительный элемент стороны **A**, оснащенный средствами  $l$  - го типа.

Число вариантов размещения на местности этих средств обороны бесконечно. Рассмотрим конечное число  $p$  таких вариантов. Под  $j$  - м вариантом размещения будем подразумевать вектор

$$r^j = [r_1^j, r_2^j, \dots, r_N^j], \quad (3)$$

компоненты которого означают, что все средства первого типа размещены на окружности радиуса  $r_1^j$ , все средства второго типа - на окружности радиуса  $r_2^j$ , и в общем случае все средства  $l$ -го типа - на окружности радиуса  $r_l^j (j = \overline{1, p}; l = \overline{1, N})$ . В дальнейшем величина математического ожидания  $E_{ii} \left( r_l^j \right) (l = \overline{1, N}; i = \overline{1, M}; j = \overline{1, p})$  числа атакуемых единиц стороны  $B$ , пораженных одним из видов оборонительных элементов стороны  $A$ , размещенного на окружности радиуса  $r_l^j$ , будем обозначать через  $E_{ii}^j$ .

Если обороняющаяся сторона  $A$  выбрала  $k$ -й план распределения средств  $l$ -го типа локальной системы обороны и  $j$ -й вариант размещения этих средств, то математическое ожидание числа пораженных атакуемых единиц стороны  $B$  всей локальной системой обороны стороны  $A$  против  $i$ -го варианта нападения будет равно

$$Q_{kji} = \sum_{l=1}^N D_l^k E_{ii}^j, \quad k = \overline{1, s}; j = \overline{1, p}; i = \overline{1, M}. \quad (4)$$

В этом выражении предполагается, что математическое ожидание числа сбитых целей  $Q_{kji}$  не зависит от числа средств нападения, участвующих в налете  $R_i$ . Это предположение накладывает на предлагаемую модель достаточно большие ограничения, так как оно справедливо только в некоторых частных случаях, например, когда число атакуемых единиц стороны  $B$  во много раз превосходит возможности системы обороны стороны  $A$ . Математическое ожидание числа атакуемых единиц стороны  $B$ , прорвавшихся через все рубежи системы локальной обороны, равно (при  $k$ -ом плане распределения средств  $l$ -го типа стороны  $A$   $j$ -м варианте их размещения и  $i$ -го варианта нападения) [4]:

$$R_i - Q_{kji} = \frac{B_0}{c_i} - \sum_{l=1}^N D_l^k E_{ii}^j (i = \overline{1, M}; k = \overline{1, s}; l = \overline{1, N}; j = \overline{1, p}) \quad (5)$$

где  $B_0$  - бюджет нападающей стороны;  $c_i$  - стоимость одной атакующей единицы стороны  $B$  при  $i$ -м варианте нападения.

И, наконец, математическое ожидание величины разрушительного потенциала имеет вид

$$F_{ijk} = b_i (R_i - Q_{kji}), \quad i = \overline{1, M}; k = \overline{1, s}; l = \overline{1, N}; j = \overline{1, p}. \quad (6)$$

Рассмотрим стационарное размещение средств обороны стороны **A**. Решение этой задачи сводится к следующему. Поскольку атакующая стороны **B** будет выбирать тип  $i$  - го варианта нападения, позволяющий максимизировать величину (6), т.е.  $\max_i F_{ijk}$ , для любых фиксированных значений параметров  $k$  и  $j$ , то обороняющаяся сторона **A** выберет такой план распределения и размещения средств, позволяющий минимизировать величину  $\max_i F_{ijk}$ , т.е.

$$F^* = F_{i^* j^* k^*} = \min_{k, j} \max_i F_{ijk}, i = \overline{1, M}; k = \overline{1, S}; l = \overline{1, N}; j = \overline{1, P}. \quad (7)$$

Таким образом, атакующая сторона **B** выбирает  $i^*$  вариант нападения и будет уверена, что через оборону стороны **A** проникнут средства нападения, имеющие разрушительный потенциал  $F^*$ , а обороняющаяся сторона **A** выберет  $k$  - й план распределения средств

$$D^{k^*} = \left[ D_1^{k^*}, D_2^{k^*}, \dots, D_N^{k^*} \right]^T \quad (8)$$

и  $j^*$  вариант размещения

$$r^{j^*} = \left[ r_1^{j^*}, r_2^{j^*}, \dots, r_N^{j^*} \right]^T \quad (9)$$

средств локальной системы обороны стороны **A** и будет уверена, что к обороняемому объекту будет пронесено не более чем  $F^*$  единиц разрушительного потенциала сторона **B**.

Предлагаемая модель применима для рассмотрения вариантов построения системы противовоздушной обороны локального объекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чуев Ю.В. *Исследование операций в военном деле*. – М.: Воениздат, 1970. – 256 с.
2. *Основы теории управления войсками* / Под ред. П.К. Алтухова – М.: Воениздат, 1984. – 297 с.
3. Кононов В.Б., Ольшевский И.П., Печий К.К. *Об одной игре с противоположными интересами // Системы обработки информации*. – Харьков: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вып. 1(7). – 2000. – С.108 - 110.
4. Мороз Ф.В., Кембелл Д.Е. *Методы исследования операций*. – М.: Сов. радио, 1965. – 286 с.

Поступила 05.09.2001

**КОНОНОВ Владимир Борисович** – канд. техн. наук, доцент, зам. нач. факультета ХВУ. В 1987 году закончил ХВВКИУ РВ. Область научных интересов – исследование операций.

**КУШНЕРУК Юрий Ионович** – кандидат технических наук, доцент кафедры Харьковского военного университета. В 1971 году закончил Харьковский государственный университет. Область научных интересов – исследование операций.

**ДЗЕВЕРИН Игорь Григорьевич** – начальник отдела ХВУ. В 1994 году закончил Академию имени Василенко. Область научных интересов – исследование операций.

**ГУРИН Артем Петрович** – курсант ХВУ.