

**АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ОДНОРОДНЫХ СРЕДСТВ РЕЗЕРВА
ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА СРЕДНЕГО СУММАРНЫХ ПО-
ТЕРЬ**

к.т.н. В.Б. Кононов

(представил д.т.н., проф. Б.Ф. Самойленко)

Рассматривается алгоритм работы системы управления при решении задачи оптимального распределения однородных средств резерва по критерию минимума среднего суммарных потерь за период конфликтной ситуации.

Постановка задачи. Планируя оптимальное распределение однородных средств резерва в ходе конфликтных ситуаций, необходимо определить алгоритм работы системы управления при решении задач распределения сил и средств, имеющихся у оперирующей стороны, в зависимости от поставленных целей, складывающейся ситуации и вероятных действий противника.

Планирование и последующее управление распределением однородных сил и средств, а также управление распределением сил и средств резерва в условиях современного боя представляет собой важную военно-научную проблему, актуальность которой определяется необходимостью создания в Вооруженных Силах Украины автоматизированной системы управления войсками и оружием.

Анализ литературы. Задачи управления распределением сил и средств оперирующей стороны рассматривались в работах [1 – 3]. В [1] вводится мера оценки эффективности действий сторон в конфликтной ситуации. В [2] рассмотрен метод решения системы дифференциальных уравнений, описывающих процесс управления распределением сил и средств оперирующих сторон в ходе конфликтной ситуации для случая однородных средств. В [3] излагается метод решения задачи оптимального управления распределением средств резерва конфликтующих сторон исходя из условия максимального поражения оперирующих средств противоборствующей стороны. Однако в этих работах не рассматривались варианты управления распределением однородных боевых средств по критерию минимума среднего суммарных потерь своей группировки за весь период конфликтной ситуации, и тем более алгоритм работы си-

стемы управления по этому критерию.

Цель статьи. Целью статьи является разработка алгоритма работы системы управления при решении задач планирования и распределения сил и средств по критерию минимума среднего суммарных потерь своей группировки за весь период конфликтной ситуации.

Основной материал. Для выяснения алгоритма работы системы управления при решении задачи оптимального распределения однородных боевых средств резерва группировки А по критерию минимума среднего суммарных потерь основных сил группировки А в конце встречного боя при условии, что группировка В использует свой резерв с максимальной интенсивностью за весь период боя, определим порядок проведения соответствующих расчетов. В результате решения системы дифференциальных уравнений, описывающих рассматриваемый бой, в [2] были найдены соотношения для вычисления определяющих параметров p и q , которые представим в виде:

$$p = \sqrt{b} (ax_0 - v_0); \quad q = \sqrt{a} (by_0 - u_0), \quad (1)$$

где u_0, v_0 – максимальные интенсивности использования средств резерва группировок А и В; a, b – их эффективные скорострельности.

Если группировка А обладает достаточным резервом, чтобы использовать его с максимальной интенсивностью за весь период боя, т.е. выполняется условие

$$u_0 T^* \leq A_0, \quad (2)$$

где A_0 – ограничение, определяющее общее количество средств резерва, то при $p > q$ побеждающей группировкой является группировка А, а время окончания боя на истощение определяется по формуле

$$T_B^* = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{u_0 \sqrt{a} + \sqrt{au_0^2 + p^2 - q^2}}{p - q}. \quad (3)$$

При этом количество оставшихся сил и средств группировки А определяется по формуле

$$x(T_B^*) = \frac{1}{a\sqrt{b}} \left(p \operatorname{ch} \sqrt{ab} T_B^* - q \operatorname{sh} \sqrt{ab} T_B^* + v_0 \sqrt{b} \right). \quad (4)$$

При $p < q$ и выполнении условия (2) побеждающей стороной является группировка В со следующим временем окончания боя на истощение

$$T_A^* = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{v_0 \sqrt{b} + \sqrt{bv_0^2 + q^2 - p^2}}{q - p}, \quad (5)$$

а количество оставшихся сил и средств определяется по формуле

$$y(T_A^*) = \frac{1}{b\sqrt{a}} \left(q \operatorname{ch} \sqrt{ab} T_A^* - p \operatorname{sh} \sqrt{ab} T_A^* + u_0 \sqrt{a} \right). \quad (6)$$

Оптимальное управление распределением однородных боевых средств резерва группировки А в этом случае имеет вид

$$u^*(t) \equiv u_0. \quad (7)$$

Если условие (2) не выполняется, т.е.

$$u_0 T^* > A_0, \quad p > q, \quad \text{или} \quad u_0 T^* > A_0, \quad p < q, \quad (8)$$

то вид оптимального управления распределением средств резерва группировки А, а также время окончания боя на истощение изменяются. С целью определения времени окончания боя, как для случая $p > q$, так и для случая $p < q$, следует ввести параметр q_1 , определяемый из выражения

$$q_1 = \sqrt{ab} u_0 \quad (9)$$

и сравнить p с q_1 .

Если $p > q_1$, то побеждает группировка А, а время окончания боя на истощение определяется как

$$\overline{T}_B^* = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{-e + \sqrt{a u_0^2 + p^2 - q_1^2}}{p - q_1}; \quad e = u_0 \sqrt{a} \left(\operatorname{ch} \frac{A_0 \sqrt{ab}}{u_0} - 1 \right), \quad (10)$$

оптимальное управление распределением средств резерва имеет вид

$$u^*(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < \overline{T}_B^* - \frac{A_0}{u_0}; \\ u_0, & \overline{T}_B^* - \frac{A_0}{u_0} \leq t \leq \overline{T}_B^*. \end{cases} \quad (11)$$

Если $p < q_1$, то побеждает группировка В, а время окончания боя на истощение определяется как

$$\overline{T}_A^* = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{d + \sqrt{b v_0^2 + q_1^2 - p^2}}{q_1 - p}; \quad d = u_0 \sqrt{a} \operatorname{sh} \frac{A_0 \sqrt{ab}}{u_0} + v_0 \sqrt{b}, \quad (12)$$

оптимальное управление распределением средств резерва группировки А

$$u^*(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < \overline{T}_A^* - A_0/u_0; \\ u_0, & \overline{T}_A^* - A_0/u_0 \leq t \leq \overline{T}_A^*. \end{cases} \quad (13)$$

Если $p = q_1$, то побеждает группировка А, а время окончания боя на истощение определяется по формуле

$$\hat{T}_B^* = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{b\sqrt{a}y_0}{e}, \quad (14)$$

оптимальное управление распределением средств резерва группировки А находится из следующих зависимостей

$$u^*(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < \hat{T}_B^* - \frac{A_0}{u_0}; \\ u_0, & \hat{T}_B^* - \frac{A_0}{u_0} \leq t \leq \hat{T}_B^*. \end{cases} \quad (15)$$

Исходя из полученных соотношений разработан следующий алгоритм работы системы управления при решении задачи оптимального распределения по критерию минимума среднего суммарных потерь однородных средств резерва группировки А в ходе встречного боя двух группировок.

Шаг 1. Вычисление параметров p и q :

$$p = \sqrt{b} (ax_0 - v_0); \quad q = \sqrt{a} (by_0 - u_0).$$

Шаг 2. Если $p > q$, то определяется T_B^* :

$$T_B^* = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{u_0 \sqrt{a} + \sqrt{au_0^2 + p^2 - q^2}}{p - q};$$

в противном случае происходит переход на шаг 8.

Шаг 3. Если $u_0 T_B^* \leq A_0$, то побеждает группировка А, время окончания боя на истощение равно T_B^* , оптимальное распределение средств резерва группировки А имеет вид

$$u^*(t) \equiv u_0, \quad t \in [0, T_B^*],$$

далее следует переход на шаг 11; в противном случае переход на шаг 4.

Шаг 4. Вычисление параметра q_1 : $q_1 = \sqrt{a} by_0$.

Шаг 5. Если $p > q_1$, то побеждает группировка А; определяется время окончания боя на истощение \overline{T}_B^* :

$$\overline{T}_B^* = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{-e + \sqrt{au_0^2 + p^2 - q_1^2}}{p - q_1}; \quad e = u_0 \sqrt{a} \left(\operatorname{ch} \frac{A_0 \sqrt{ab}}{u_0} - 1 \right),$$

оптимальное распределение средств резерва группировки А $u^*(t)$ имеет вид:

$$u^*(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < \overline{T_B^*} - \frac{A_0}{u_0}; \\ u_0, & \overline{T_B^*} - \frac{A_0}{u_0} \leq t \leq T_B^*, \end{cases}$$

после чего следует переход на шаг 11.

Шаг 6. Если $p = q_1$, то побеждает группировка А, определяется время окончания боя на истощение \hat{T}_B^* :

$$\hat{T}_B^* = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{b\sqrt{a}y_0}{e}; \quad e = u_0 \sqrt{a} \left(\operatorname{ch} \frac{A_0 \sqrt{ab}}{u_0} - 1 \right)$$

и оптимальное распределение резерва $u^*(t)$ находится из соотношений:

$$u^*(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < \overline{T_B^*} - \frac{A_0}{u_0}; \\ u_0, & \overline{T_B^*} - \frac{A_0}{u_0} \leq t \leq T_B^*, \end{cases}$$

после чего следует переход на шаг 11.

Шаг 7. Если $p < q_1$, то побеждает группировка В, время окончания боя на истощение $\overline{T_A^*}$ определяется из выражения

$$\overline{T_A^*} = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{d + \sqrt{bv_0^2 + q_1^2 - p^2}}{q_1 - p}; \quad d = u_0 \sqrt{a} \operatorname{sh} \frac{A_0 \sqrt{ab}}{u_0} + v_0 \sqrt{b},$$

оптимальное распределение средств резерва группировки А $u^*(t)$:

$$u^*(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < \hat{T}_A^* -; \\ u_0, & \hat{T}_A^* - A_0/u_0 \leq t \leq \hat{T}_A^*. \end{cases}$$

Переход на шаг 11.

Шаг 8. Если $p = q$, то следует переход на шаг 4.

Шаг 9. Если $p < q$, то следует вычисление T_A^* :

$$T_A^* = \frac{1}{\sqrt{ab}} \ln \frac{v_0 \sqrt{b} + \sqrt{bv_0^2 + q^2 - p^2}}{q - p}.$$

Шаг 10. Если $u_0 T_A^* \leq A_0$, то побеждает группировка В, время окончания боя на истощение равно T_A^* , оптимальное распределение средств резерва группировки А определяется из соотношения:

$$u^*(t) \equiv u_0, \quad t \in [0, T_A^*],$$

и далее следует переход на шаг 11. При $u_0 T_A^* > A_0$ следует переход на шаг 4.

Шаг 11. Окончание алгоритма.

Выводы. Предложенный алгоритм работы системы управления при решении задачи оптимального распределения однородных средств резерва по критерию минимума среднего суммарных потерь позволяет разработать программное обеспечение для создаваемой системы автоматизированного управления войсками и оружием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононов В.Б., Кушнерук Ю.И., Евстрат Д.И. Площадная интерпретация модели конфликтной ситуации // *Зб. наук. пр. – Вип. № 5(15) – X.: ХВУ. – 2001. – С. 39 – 41.*
2. Кононов В.Б., Кушнерук Ю.И., Евстрат Д.И. Распределение однородных средств резерва в ходе встречной конфликтной ситуации двух группировок // *Зб. наук. пр. – Вип. 4(20). – X.: ХВУ. – 2002. – С. 96 – 101.*
3. Кононов В.Б., Рафальский Ю.И., Гурин А.П. Оптимальное управление распределением средств резерва // *Зб. наук. пр. – Вип. 5(21). – X.: ХВУ. – 2002. – С. 45 – 47.*
4. Давыдов Э.Г. *Исследование операций.* – М.: Высшая школа, 1990. – 459 с.

Поступила 3.04.2003

КОНОНОВ Владимир Борисович – кандидат технических наук, доцент, зам. нач. факультета ХВУ. В 1987 году окончил ХВВКИУ РВ. Область научных интересов – исследование операций.
