УДК 519.87:316.458.6

В.Б. Кононов[1], Ю.И. Кушнерук[2], А.В. Коваль[1]

[1]*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*
[2]*Академия внутренних войск МВД Украины, Харьков*

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЗАМЕНЫ СОСТАВА ВООРУЖЕНИЯ ГРУППИРОВКИ ВОЙСК

В статье излагается предложенный метод решения задачи замены состава вооружения группировки войск, представленный нелинейной задачей оптимизации, в которой целью операции является обеспечение максимума математического ожидания суммарного количества уничтоженных боевых средств противостоящей группировки, с учётом их важности, при заданном бюджете, ограничениях на количество средств поражения в условиях противодействия противника.

Ключевые слова: *замена состава вооружения, группировка войск, бюджетные ограничения, нелинейная задача оптимизации.*

Введение

Постановка задачи. Статические задачи определения состава вооружения оперирующей группировки войск возникают при планировании ведения боевых действий. Методы решения таких задач необходимо предлагать исходя из требований оптимального распределения имеющихся боевых средств для достижения максимально возможного эффекта их использования, учитывая при этом бюджетные ограничения на создание оперирующей группировки войск, а также противодействие противника.

Актуальность рассматриваемых военно-научных задач определяется необходимостью разработки подсистемы поддержки принимаемых решений, входящих в создаваемую автоматизированную систему управления войсками и оружием.

Анализ литературы. В литературе описаны известные методы исследования задач управления боевыми средствами при планировании и ведении боевых действий. Так, при решении задач управления боевыми средствами в ходе боевых действий [1 – 3], предлагается использовать методы исследования операций и основное внимание уделять статическим и динамическим моделям, с помощью которых возможно оценить эффект операции. В литературе [4] предложены методы решения задач планирования боевых действий и решения, возникающие при этом, задач управления распределением боевых средств. Описание боевых действий при помощи статических и динамических моделей изложено в [5]. Здесь, кроме того, изложены численные методы решения экстремальных задач. Однако в работах [1 – 6] не рассматривались задачи замены состава вооружения группировки войск.

Целью статьи является разработка метода решения задачи замены состава вооружения группировки войск, где целью операции является обеспечение максимума математического ожидания суммарного количества уничтоженных боевых средств противника, с учётом их важности, при заданном бюджете, ограничениях на количество средств поражений в условиях противодействия.

Основной материал

Сформулируем задачу замены состава вооружения группировки войск. Для этой цели используем соотношения, приведенный в [5] и представленные статической математической моделью, в которой целью операции является обеспечение максимума математического ожидания суммарного количества уничтоженных боевых средств противостоящей группировки, с учётом их важности, при заданном бюджете, ограничениях на количество средств поражения в условиях противодействия противника. Дополним эту модель, исходя из следующего:

$$M(X)=\sum_{j=1}^{n} w_j y_j\left[1-\prod_{i=1}^{m}\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ij}\right)^{\frac{x_{ij}}{y_j}}\right]\to \max ;$$

$$\sum_{i\in I_1} c_i \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le C_0; \qquad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = x_i^n; \quad i\in I\setminus I_1;$$

$$x_{ij}=\left[x_{ij}\right]\ge 0; \quad i=\overline{1,m}; \quad j=\overline{1,n},$$

где m – количество типов боевых средств группировки A; n – количество типов боевых средств группировки B; $p_{ij}\left(i=\overline{1,m}, \quad j=\overline{1,n}\right)$ – вероятность поражения боевым средством i-го типа группировки A боевого средства j-го типа группировки B, причём, если боевое средство i-го типа группировки A в силу своих характеристик не может поразить боевое средство j-го типа группировки B, то очевидно, что $p_{ij}=0$; $q_{ji}\left(i=\overline{1,m}, \quad j=\overline{1,n}\right)$ – вероятность поражения боевым средством j-го типа группировки B боевого средства i-го типа группировки A, причём $q_{ji}=0$ – в случае невозможности такого поражения; $y_j\left(j=\overline{1,n}\right)$ – количество боевых средств j-го типа группировки B; $d_i\left(i=\overline{1,m}\right)$ – количество средств поражения i-го типа группировки A в боекомплекте; C_0 – выделенный бюджет для группировки A; $c_i\left(i=\overline{1,m}\right)$ – стоимость боевого средства i-го типа группировки A, включающая стоимость боекомплекта; $w_j\left(j=\overline{1,n}\right)$ – коэффициент важности боевых средств j-го типа группировки B.

В качестве искомых управляющих параметров (1) рассматриваются $x_{ij}\left(i=\overline{1,m},\quad j=\overline{1,n}\right)$ – количество боевых средств i-го типа группировки A, воздействующих на y_j боевых средств j-го типа группировки B. Докажем, прежде всего, что в ряде случаев, представляющих интерес, эта задача имеет единственное решение. Преобразуем задачу (1) к следующему виду:

$$\begin{gathered}
N(X)=\sum_{j=1}^{n}w_jy_j\prod_{i=1}^{m}\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ij}\right)^{\frac{x_{ij}}{y_j}}\to\min;\\
\sum_{i\in I_1}c_i\sum_{j=1}^{n}x_{ij}\le C_0;\\
\sum_{j=1}^{n}x_{ij}=x_i^n;\quad i\in I\setminus I_1;\\
x_{ij}=\left[x_{ij}\right]\ge 0;\quad i=\overline{1,m};\quad j=\overline{1,n},
\end{gathered}\tag{2}$$

и рассмотрим её для непрерывной допустимой области, отбросив условия целочисленности:

$$\begin{gathered}
N(X)=\sum_{j=1}^{n}w_jy_j\prod_{i=1}^{m}\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ij}\right)^{\frac{x_{ij}}{y_j}}\to\min;\\
\sum_{i\in I_1}c_i\sum_{j=1}^{n}x_{ij}\le C_0;\\
\sum_{j=1}^{n}x_{ij}=x_i^n;\quad i\in I\setminus I_1;\\
x_{ij}\ge 0;\quad i=\overline{1,m};\quad j=\overline{1,n},
\end{gathered}\tag{3}$$

Утверждение 1. Задача (3) является выпуклой задачей оптимизации, т.е. задачей минимизации выпуклой функции на выпуклом множестве.

Доказательство. Функция $N(X)$ является строго выпуклой, т.к. для $\lambda\in(0,1)$

$$N\left[\lambda X^{(1)}+(1-\lambda)X^{(2)}\right]=$$

$$=\sum_{j=1}^{n}w_jy_j\prod_{i=1}^{m}\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ji}\right)^{\frac{\lambda X_{ij}^{(1)}+(1-\lambda)X_{ij}^{(2)}}{y_j}}=$$

$$=\sum_{j=1}^{n}w_jy_je^{\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{\lambda X_{ij}^{(1)}+(1-\lambda)X_{ij}^{(2)}}{y_j}\ln\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ji}\right)}=$$

$$=\sum_{j=1}^{n}w_jy_je^{\lambda\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{X_{ij}^{(1)}}{y_j}\ln\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ji}\right)+(1-\lambda)\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{X_{ij}^{(2)}}{y_j}\ln\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ji}\right)}=$$

$$=\sum_{j=1}^{n}w_jy_je^{\lambda z_1+(1-\lambda)z_2}\langle\lambda\sum_{j=1}^{n}w_jy_je^{z_1}+(1-\lambda)\sum_{j=1}^{n}w_jy_je^{z_2}=$$

$$=\lambda\sum_{j=1}^{n}w_jy_je^{\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{X_{ij}^{(1)}}{y_j}\ln\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ji}\right)}+$$

$$+(1-\lambda)\sum_{j=1}^{n}w_jy_je^{\sum\limits_{i=1}^{m}\frac{X_{ij}^{(2)}}{y_j}\ln\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ji}\right)}=$$

$$=\lambda\sum_{j=1}^{n}w_jy_j\prod_{i=1}^{m}\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ij}\right)^{\frac{x_{ij}^{(1)}}{y_j}}+$$

$$+(1-\lambda)\sum_{j=1}^{n}w_jy_j\prod_{i=1}^{m}\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ij}\right)^{\frac{x_{ij}^{(2)}}{y_j}\frac{x_{ij}^{(2)}}{y_j}}=$$

$$=\lambda N\left[X^{(1)}\right]+(1-\lambda)N\left[X^{(2)}\right]$$

в силу строгой выпуклости функции e^z, где: $X^{(1)},\ X^{(2)}\in D$ – допустимые решения задачи (3); D – допустимое множество задачи (3);

$$z_1=\sum_{i=1}^{m}\frac{X_{ij}^{(1)}}{y_j}\ln\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ij}\right);$$

$$z_2=\sum_{i=1}^{m}\frac{X_{ij}^{(2)}}{y_j}\ln\left(1-p_{ij}+p_{ij}q_{ij}\right).$$

Следовательно утверждение (1) доказано, т.е. допустимое множество выпукло, так как оно задаётся системой конечного числа линейных неравенств. Таким образом, задача (3) является выпуклой задачей оптимизации.

Утверждение 2. Множество D не пусто, т.е. $D\ne 0$.

Для доказательства данного утверждения рассмотрим следующее соотношения $\overline{X}=\left\|\overline{x}_{ij}\right\|_{m,n}$:

$$\begin{gathered}
\overline{x}_{i1}=\frac{C_0}{\left|I_1\right|c_i};\quad \overline{x}_{i2}=\overline{x}_{i3}=\cdots=\overline{x}_{in}=0;\quad i\in I_1;\\
\overline{x}_{i2}=\sum_{j=1}^{n}x_{ij};\quad \overline{x}_{i2}=\overline{x}_{i3}=\cdots=\overline{x}_{in}=0;\quad i\in I\setminus I_1.
\end{gathered}\tag{4}$$

Очевидно, что

$$\sum_{i\in I_1}c_i\sum_{j=1}^{n}x_{ij}=\sum_{i\in I_1}c_i\frac{C_0}{\left|I_1\right|c_i}=\sum_{i\in I_1}\frac{C_0}{\left|I_1\right|}=C_0;$$

$\sum\limits_{j=1}^{n}\overline{x}_{ij}=\sum\limits_{j=1}^{n}x_{ij};\quad i\in I\setminus I_1$, т.е. $\overline{X}\in D$. Таким образом, утверждение 2 доказано.

Утверждение 3. Задача (3) имеет единственное решение.

Доказательство. Функция $N(X)$ является непрерывной. По теореме Веерштрасса непрерывная функция на непустом ограниченном и замкнутом множестве достигает своей точной нижней и точкой верхней границы [6]. Следовательно, решение задачи (3) существует. Так как функция $N(X)$ строго выпукла, то решение задачи единственно [6].

Далее обоснуем выбор метода решения сформулированной задачи. Задача (2) относится к классу задач нелинейного программирования, для которых универсальный метод решения (каковым для задач линейного программирования является симплекс-метод) к настоящему времени не разработан. К наиболее простым и часто применяемым методам решения задач нелинейного программирования относятся: метод множителей Лагранжа, метод штрафных функций, метод проекций градиента, метод условного градиента, метод возможных направлений, метод сопряжённых направлений, метод Ньютона, метод случайного поиска [6].

Основными характеристиками методов нелинейной оптимизации, при их сравнении, является скорость сходимости, трудоёмкость отдельной итерации метода, трудоёмкость вычисления функции и её частных производных, возможность использования специфических особенностей вида целевой функции и ограничений рассматриваемой задачи [6]. Отличительной особенностью рассматриваемой задачи, существенных образом отличающий её от известных задач являются то, что в типовых задачах нелинейного программирования, решаемых перечисленными методами, в качестве допустимых решений т.е. решений, удовлетворяющих ограничениям задачи, выступают конечномерные векторы. В рассматриваемой задаче (2) допустимым решением является конечномерная матрица размерности $m \times n$, элементы которой удовлетворяют ограничениям задачи. В непрерывной допустимой области решение задачи (2) сводится к задаче (3).

Специфика допустимого множества решений задачи (3) определяется конечным числом линейных неравенств, что позволяет сделать выбор в пользу методов, основанных на линеаризации целевой функции и ограничений для задачи, так как линериазация ограничений задачи (3) не требуется. Одним из таких методов является метод условного градиента.

Для решения рассматриваемой задачи предлагается использовать метод условного градиента, развив его для случая, когда допустимое множество решений задачи представляется конечномерными матрицами целераспределения размерности $m \times n$, элементы которых удовлетворяют ограничением на бюджетные средства и на количество средств поражения.

Дальнейшее развитие метода условного градиента состоит в следующем. Метод условного градиента применяется в общем случае для решения задачи $f(u) \to \min$; $u \in U$, где U – выпуклое замкнутое ограниченное множество из конечномерного пространства E^n, где функция $f(u) \in C'(U)$ является непрерывно дифференцируемой функцией на множестве U.

Пусть $u_k \in U$ – k-е приближение, тогда приращение функции $f(u)$ в точке u_k можно представить в виде:

$$f(u) - f(u_k) = \langle \nabla f(u_k), u - u_k \rangle + \rho(\|u - u_k\|).$$

Рассмотрим главную линейную часть этого приращения и определим вспомогательное приближение $\bar{u}_k$ как решение задачи оптимизации:

$$\langle \nabla f(u_k), u - u_k \rangle \to \min, \qquad u \in U,$$

или в виде $\langle \nabla f(u_k), u \rangle \to \min, \qquad u \in U,$

Так как множество U замкнуто и ограничено, а линейная функция $f_k(u)$ непрерывна, то решение $\bar{u}_k$ всегда существует. Следующее $(k+1)$ – приближение находят в виде:

$$u_{k+1} = u_k + \rho_k(\bar{u}_k - u_k), \quad 0 \le \rho_k \le 1.$$

В силу выпуклости множества U всегда $u_{k+1} \in U$. Величина шага ρ_k выбирается как решение задачи:

$$\varphi_k(\rho) = f\left[u_k + \rho(\bar{u}_k - u)\right] \to \min, \qquad \rho \in [0; 1]$$

По теореме 5.4.1 [6] последовательность $\{u_k\}$ сходится к множеству точек минимума:

$$\lim_{k \to \infty} f(u_k) = \min_{u \in U} f(u).$$

В силу утверждения (3) множество точек минимума для задачи (3) состоит из единственной точки.

Определим частные производные целевой функции $N(X)$ задачи (3), необходимые для применения метода условного градиента. Для этого вначале преобразуем её к следующему виду:

$$N(X) = \sum_{j=1}^{n} w_j y_j \prod_{i=1}^{m} \left(1 - p_{ij} + p_{ij} q_{ji}\right)^{x_{ij}/y_j} = \\ = \sum_{j=1}^{n} w_j y_j \exp^{\sum_{i=1}^{m} \frac{x_{ij}}{y_j} \ln\left(1 - p_{ij} + p_{ij} q_{ji}\right)} = \sum_{j=1}^{n} w_j y_j e^{\sum_{i=1}^{m} s_{ij} x_{ij}}, \qquad (5)$$

где $$s_{ij} = \ln\left(1 - p_{ij} + p_{ij} q_{ji}\right) / y_j; \quad i = \overline{1, m}. \qquad (6)$$

Тогда частные производные $N(X)$ в точке X_k имеют вид:

$$l_{ij}^k = l_{ij}(X_k) = \frac{\partial N(X_k)}{\partial x_{ij}} = \\ = w_j y_j s_{ij} \exp\left(\sum_{i=1}^{m} s_{ij} x_{ij}^k\right) = \bar{s}_{ij} \exp\left(\sum_{i=1}^{m} s_{ij} x_{ij}^k\right); \qquad (7) \\ i = \overline{1, m}; \qquad j = \overline{1, n}$$

а градиент целевой функции и скалярное произведение представляется следующими соотношениями:

$$\nabla N(X) = \left\| l_{ij}^k \right\|_{m,n}; \quad (8)$$

$$\langle \nabla N(X_k), X \rangle = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} l_{ij}^k x_{ij}, \quad (9)$$

где $\bar{s}_{ij} = w_j y_j s_{ij}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}.$

Таким образом, градиент целевой функции имеет вид конечномерной матрицы (8) размерности $m \times n$, а скалярное произведение (9) определяется как сумма произведений всех одноименных элементов матриц $\nabla N(X^k)$ и X.

В методе условного градиента, как и в большинстве методов нелинейной оптимизации, предполагается, что начальная точка, принадлежащая допустимому множеству D задачи (3), известна. В общем случае определение начальной точки не всегда просто. Вид ограничений задачи (3) позволяет найти начальную точку, используя для этого следующие преобразования для определения шага поиска:

$$\begin{aligned} \varphi_k(\rho) &= N(X_k + \rho Z_k) = \\ &= \sum_{j=1}^{n} w_j y_j \exp\left[\sum_{i=1}^{m} s_{ij} \left(x_{ij}^k + \rho Z_{ij}^k \right) \right] = \\ &= \sum_{j=1}^{n} w_j y_j \exp\left(\sum_{i=1}^{m} s_{ij} x_{ij}^k \right) \exp\left(\rho \sum_{i=1}^{m} s_{ij} Z_{ij}^k \right) = \\ &= \sum_{j=1}^{n} w_j y_j L_j^k \exp\left(\rho \sum_{i=1}^{m} s_{ij} Z_{ij}^k \right), \end{aligned} \quad (10)$$

где $Z_k = \bar{X}_k - X_k$ – возможное направление убывания целевой функции;

$$L_j^k = \exp\left(\sum_{i=1}^{m} s_{ij} x_{ij}^k \right); \quad j = \overline{1, n};$$

$\bar{X}_k$ – вспомогательная точка, являющаяся решением задачи линейного программирования (7):

$$\langle \nabla N(X_k), \bar{X} \rangle \to \min, \qquad \bar{X} \in D.$$

Тогда величина шага ρ_k определяется как решение задачи одномерной минимизации:

$$\sum_{j=1}^{n} w_j y_j L_j^k \exp\left(\rho \sum_{i=1}^{m} s_{ij} Z_{ij}^k \right) \to \min; \quad \rho \in [0, 1]. \quad (11)$$

Приведём последовательность этапов решения задачи (3).

Процедура 1.

Этап 1. Определение начальной точки X_0 и параметров s_{ij} и $\bar{s}_{ij}$:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{C_0}{|I_1| c_i}; \quad \bar{x}_{ij} = 0; \quad j = \overline{2, n}; \quad i \in I_1;$$

$$\bar{x}_{i1} = x_i^{п}; \quad \bar{x}_{ij} = 0; \quad j = \overline{2, n}; \quad i \in I \setminus I_1;$$

$$s_{ij} = \ln\left(1 - p_{ij} + p_{ij} q_{ji}\right) / y_j;$$

$$\bar{s}_{ij} = w_j y_j s_{ij}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad k := 0.$$

Вычисление значения целевой функции:

$$L_j^k = \exp\left(\sum_{i=1}^{m} s_{ij} x_{ij}^k \right); \qquad N_k = N(X_k) = \sum_{j=1}^{n} w_j y_j L_j^k.$$

Этап 2. Вычисление частных производных целевой функции:

$$l_{ij}^k = \bar{s}_{ij} L_j^k; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}.$$

Этап 3. Определение вспомогательной точки $\bar{X}_k$ как решения следующей задачи линейного программирования:

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} l_{ij}^k \bar{x}_{ij}^k \to \min; \quad \sum_{i \in I_1} c_i \sum_{j=1}^{n} \bar{x}_{ij}^k \le C_0; \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \bar{x}_{ij}^k = x_i^{\pi}; \quad i \in I \setminus I_1; \quad \bar{x}_{ij}^k \ge 0; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}.$$

Этап 4. Определение элементов матрицы возможного направления убывания целевой функции Z_k:

$$Z_k := \bar{X}_k - X_k.$$

Этап 5. Определение длины шага ρ_k как решение задачи:

$$\sum_{j=1}^{n} w_j y_j L_j^k \exp\left(\rho \sum_{i=1}^{m} s_{ij} Z_{ij}^k \right) \to \min; \quad \rho = [0, 1].$$

Этап 6. Определение следующего приближения к оптимальному решению:

$$X_{k+1} := X_k + \rho_k Z_k.$$

Этап 7. Вычисление целевой функции в новой точке поиска:

$$L_j^{k+1} = \exp\left(\sum_{i=1}^{m} s_{ij} x_{ij}^{k+1} \right); \quad N_{k+1} = N(X_{k+1}) = \sum_{j=1}^{n} w_j y_j L_j^{k+1}.$$

Этап 8. Оценка близости решения X_{k+1} к оптимальному. Если $|N_{k+1} - N_k| \langle \varepsilon$, то необходимо прекратить вычисление, в противном случае $k := k + 1$ и следует переход на этап 2.

Обозначим через $X' = \left\| X'_{ij} \right\|_{m,n}$ – оптимальное решение задачи (3).

Проведём округление компонент полученного решения:

$$x_{ij}^* = \left[X'_{ij} \right]; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n},$$

и вычислим значение целевой функции задачи (1):

$$M(X^*) = \sum_{j=1}^{n} w_j y_j \left[1 - \prod_{i=1}^{m} \left(1 - p_{ij} + p_{ij} q_{ji} \right)^{\frac{x_{ij}^*}{y_j}} \right]$$

Таким образом, задача замены состава вооружения при ограничениях на ресурсы решена:

$x_i^* = \sum_{j=1}^{n} x_{ij}^*; \quad i = \overline{1, n}$ – оптимальное количество вооружений i-го типа;

$X^* = \left\| X_{ij}^* \right\|_{m,n}$ – матрица оптимального целераспределения боевых средств группировки A по боевым средствам группировки B.

Выводы

1. Доказано, что задача замены состава вооружения группировки войск, представляемая статической математической моделью, в которой целью операции является обеспечение максимума математического ожидания суммарного количества уничтоженных боевых средств противостоящей группировки, с учётом их важности, при заданном бюджете, ограничениях на количество средств поражения в условиях противодействия противника имеет единственное решение.

2. Предложен метод решения задачи замены состава вооружения группировки войск, основанный на использовании метода условного градиента, развитого для случая, когда допустимое множество решений задачи представляется не в виде конечномерных векторов, а в виде конечномерных матриц размером $m \times n$.

3. Предложена процедура решения сформулированной нелинейной задачи оптимизации.

Список литературы

1. Основы исследования операций в военной технике / под ред. Ю.В. Чуева. – М.: Сов. радио, 1965. – 383 с.

2. Осинский Л.М. Элементы исследования операций и оценка эффективности сил и средств противовоздушой обороны / Л.М. Осинский. – К.: КВИРТУ, 1968. – 444 с.

3. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле / Ю.В. Чуев. – М.: Военизлат, 1970. – 256 с.

4. Кононов В. Б. Теоретические основы математического моделирования ресурсного обеспечения в конфликтных ситуациях: дис. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук / В.Б. Кононов. – Х.: МОУ, ХУ ВС, 2010. – 369 с.

5. Кононов В.Б. Математические модели процессов военных действий и их применение для планирования и управления распределением боевых средств: моногр. / В.Б. Кононов. – Х.: МОУ, ХУ ВС, 2007. – 280 с.

6. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач / Ф.П. Васильев. – М: Наука,1980. – 518 с.

Поступила в редколлегию 14.03.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Худов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков..

МЕТОД ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ЗАМІНИ СКЛАДУ ОЗБРОЄННЯ УГРУПУВАНЯ ВІЙСЬК

В.Б. Кононов, Ю.Й. Кушнерук, О.В. Коваль

У статті розглянуто метод вирішення задачі заміни складу озброєння угрупуваня військ, яка надається як нелінійна задача оптимізації де за мету операції ставиться забезпечення максимуму математичного очікування сумарної кількості знищених бойових засобів протидіючого угрупування, з урахуванням їх важливості, при заданому бюджеті, ообмеженнях на кількість засобів ураження в умоваях протидії супротивника.

Ключові слова: *заміна складу озброєння, угрупування військ, бюджетні обмеження, нелінійні задачі оптимізації.*

METHOD OF DECISION OF TASK OF REPLACEMENT OF GROUPMENTS TROOPS ARMAMENT

V.B. Kononov, Yu.I. Kushneruk, A.V. Koval'

The method of decision of task of replacement of composition of armament of groupments troops is considered in the article, which is given as a nonlinear task of optimization where providing of a maximum of the expected value of total amount of the destroyed battle facilities of counteractive groupment belongs for the purpose of operation, taking into account their importance, at the set budget, ообмеженнях on the amount of facilities of defeat in умоваях counteraction of opponent.

Keywords: *replacement of composition of armament, groupment of troops, budget constraints, nonlinear tasks of optimization.*