

УДК 355.351:623.765.4

В.В. Новоселов

Управление Сухопутных войск, Киев

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВООРУЖЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПВО СУХОПУТНЫХ ВОЙСК С УЧЕТОМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ЗАТРАТ

Рассмотрены вопросы замены и наращивания вооружения в группировке ПВО Сухопутных войск. Предложены постановка и метод решения задачи по модернизации вооружения по критерию минимума затрат с учетом перспективной схемы расположения средств управления и стрельбовых каналов.

система вооружения, модернизация, ПВО Сухопутных войск, группировка

Введение

Мероприятия по модернизации вооружения и военной техники (ВВТ) зачастую проводятся без проведения математического и имитационного моделирования влияния ее отдельных образцов на развитие целостной системы вооружения, а также без детального изучения возможностей оптимизации и адаптации процессов управления средствами разведки и целеуказания, что не позволяет объективно учитывать потребности Вооруженных Сил Украины (ВСУ) в ВВТ для решения основных задач. Поэтому вопросы переоснащения ВСУ современными систе-

мами ВВТ высокой эффективности необходимо непосредственно связывать с вопросами управления комплексной модернизацией ВВТ, находящейся в войсковой эксплуатации, для внедрения в нее современных научно-технических разработок и достижения на этой основе требуемых оперативно-тактических характеристик как отдельных образцов ВВТ, так и системы вооружения подразделений, включая системы управления, в целом.

Перспективная схема расположения боевых средств и средств разведки системы ПВО бригадного звена представлена на рис. 1.

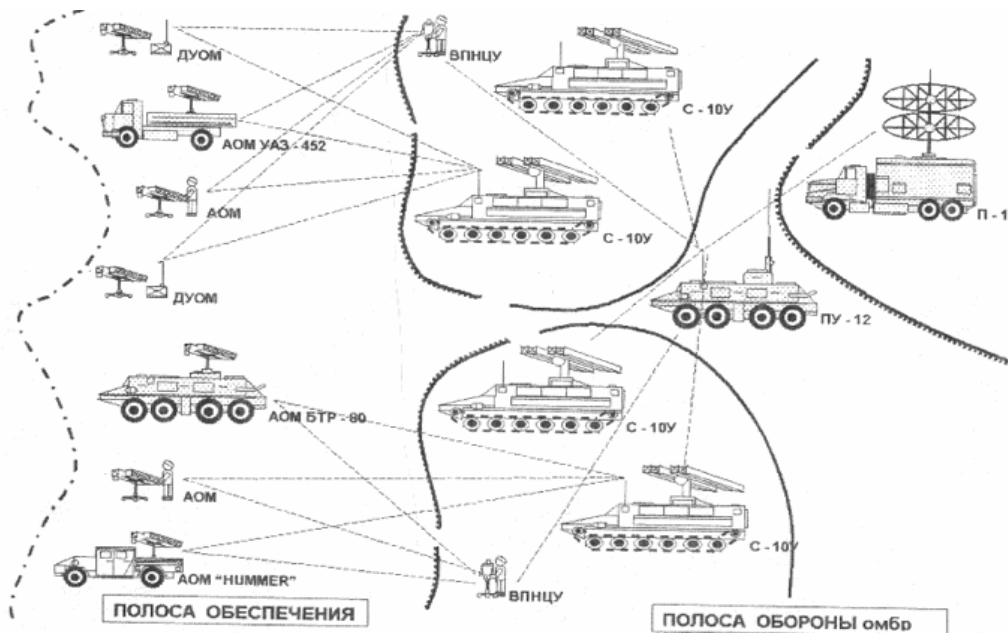


Рис. 1. Перспективная схема расположения боевых средств и средств разведки системы ПВО бригадного звена

На рисунке введены следующие обозначения: П-19 – станция разведки и целеуказания; ПУ-12 – пункт управления; С-10У – зенитный ракетный комплекс (ЗРК) «Стрела-10У»; ВПНЦУ – выносной пост наблюдения, целеуказания, управления; ДУОМ – дистанционно-управляемый огневой модуль; АОМ – автономный огневой модуль.

Анализ рисунка показывает, что введение новых каналов передачи информации между боевыми единицами требует проведения соответствующих организационных мероприятий и мероприятий по модернизации систем управления и стрельбы для повышения боевой эффективности подразделения ПВО.

Поэтому целью настоящей статьи является усовершенствование метода решения задачи по модернизации систем вооружения в составе подразделения ПВО СВ с учетом оптимизации процессов управления техническими и технологическими объектами по критерию минимума затрат.

Основной материал

Исходя из этого, возникает ряд задач, решение которых необходимо предусматривать при проведении комплекса работ по модернизации ВВТ:

- реализация при создании ВВТ требований по обеспечению последующей модернизации. При этом должны быть тесно согласованы планы модернизации имеющегося парка вооружения и программа создания новых образцов ВВТ;

- разработка организационных и технических мер, обеспечивающих внедрение в ВВТ перспективных научных решений и технологий;

- моделирование, а затем плановое, поэтапное решение задач оптимизации процессов управления как элементами систем вооружения, так и системами различного назначения между собой;

- снижение темпов расходования финансовых и материальных ресурсов при прогрессирующем наращивании боевых возможностей модернизируемых систем оружия.

При анализе вопроса о целесообразности модернизации каждого конкретного образца ВВТ, необходимо исходить из следующих предпосылок:

- оценка достаточности уровня модернизации образца с учетом располагаемого и требуемого уровня эффективности;

- возможности осуществимости модернизации образца до необходимого уровня в разрезе производственных и финансовых возможностей страны;

- практики применения ВВТ в локальных конфликтах последнего времени.

При принятии конкретных решений по долгосрочному планированию развития и модернизации системы вооружения, наряду с методами военно-экономического анализа, важную роль должны играть также методы моделирования и оптимизации систем управления техническими, технологическими и экономическими процессами, причем затраты на модернизацию должны быть разумно сбалансированы с затратами на создание новой техники.

Успешная адаптация ЗРК и их систем управления к условиям современного боевого применения не может быть проведена без модернизации либо без замены вооружения, входящего в состав ЗРК. Традиционный подход к модернизации вооружения, обеспечивающий достаточный уровень прироста ТТХ в условиях сравнительно невысоких темпов развития научно-технической базы, в прошлом позволял в значительной степени устранять моральное старение ВВТ. В современных же условиях, когда резко возросли количество и эффективность новых оборонных технологий, он стал тормозить реализа-

цию технических новшеств. В связи с этим решение вопросов модернизации сегодня должно содержать следующие этапы:

- анализ и систематизация недостатков существующего и перспективного ВВТ (как отечественного, так и зарубежного);

- разработка требований по совершенствованию ВВТ на основе выявленных недостатков;

- разработка вариантов модернизации ВВТ;

- военно-экономическая оценка целесообразности модернизации;

- оптимизация финансовых показателей при проведении модернизации.

Одной из актуальных задач, как в математическом, так и в прикладном плане является разработка метода решения задачи замены (модернизации) вооружения зенитного подразделения вооруженного ЗРК ближнего действия для адаптации к условиям современного боевого применения. Под заменой (модернизацией) вооружения в зенитном подразделении будем понимать изменение качественного и количественного состава вооружения, а также систем управления этого подразделения, обусловленное либо наращиванием потенциала подразделения, либо заменой в рассматриваемом подразделении вооружения на модернизируемое, либо тем и другим одновременно. Задачи замены (модернизации) вооружения тесно взаимосвязаны с задачами определения рационального состава подразделения, рассматриваемыми, как правило, в двух основных постановках [1]:

1. Определить состав группировки войск, обеспечивающий получение максимального результата в операции при фиксированных ресурсах (людских, материальных, финансовых), отводимых на создание этой группировки.

2. Определить состав группировки войск, обеспечивающий выполнение фиксированных задач операции, при минимизации ресурсов (людских, материальных, финансовых), отводимых на создание группировки.

Будем рассматривать три разновидности задач развития группировок в постановках, аналогичных первой из сформулированных выше:

- 1) задачу замены вооружения;

- 2) задачу наращивания вооружения;

- 3) задачу частичной замены и наращивания вооружения.

Вооружение будем классифицировать по видам и типам. Вооружение одного вида, но разных типов будем считать однородным, вооружение разных видов – разнородным. Задача замены вооружения характеризуется тем, что осуществляется замена вооружения одного типа на вооружение другого типа в рамках одного вида вооружения. При этом заменяемое вооружение изымается из состава группировки.

В задаче наращивания вооружения осуществляется увеличение количества вооружения при сохранении в составе группировки всего вооружения, имеющегося в ее составе до наращивания.

Задача частичной замены и наращивания вооружения является промежуточной между задачей замены вооружения и задачей наращивания вооружения. При этом результатом решения задачи развития группировок будет соответствующее увеличение эффективности группировки на заданный момент времени.

Вначале рассмотрим задачу замены вооружения. При этом будем считать, что вооружение группировки рассматриваемой стороны характеризуется векторами состава вооружения

$$x = \{x^k_j\}; \quad j = 1, j^*; \quad k = 1, k^*, \quad (1)$$

где x^k_j – составляющая вектора состава вооружения, представляющая собой количество образцов вооружения j -го типа k -го вида; k^* – число видов вооружения; j^* – максимальное число типов вооружения одного вида.

Замена вооружения будет характеризоваться вектором замены Δk :

$$\Delta k = \{\Delta x^k_{j\xi}\}; \quad j = 1, j^*; \quad \xi = 1, \xi^*; \quad k = 1, k^*, \quad (2)$$

где $\Delta x^k_{j\xi}$ – компонента вектора замены для k -го вида вооружения j -го типа на такое же количество образцов вооружения ξ -го типа этого же k -го вида.

В результате осуществления замены получаем новый состав группировки

$$x^k_j - \Delta x^k_j + \Delta x^k_{j\xi}, \quad (3)$$

где x^k_j – вектор состава вооружения группировки до замены; Δx^k_j – заменяемые образцы; $\Delta x^k_{j\xi}$ – новые образцы вооружения.

Увеличение j -й составляющей вектора изменения состава вооружения обеспечивается за счет поставленного нового вооружения k -го вида того же типа

$$\Delta x^k_{j\xi\Sigma} = \sum_{\xi=1}^{\xi^*} x^k_{j\xi}, \quad j = 1, j^*. \quad (4)$$

При анализе учитывается, что при осуществлении замены вооружения эксплуатационные расходы и численность боевого состава остаются неизменными, но имеются ограничения производственных возможностей военно-промышленного комплекса (ВПК) q и ограничения по условному боевому потенциалу (УБП) C . Возможности ВПК будем описывать обобщенной вектор-функцией

$$q(\Delta x) = q\{\Delta x^k_j\}. \quad (5)$$

УБП заменяющего вооружения будем характеризовать зависимостью

$$C = \sum_{k=1}^{k^*} \sum_{\xi=1}^{\xi^*} C^k_j(\Delta x^k_{j\xi}), \quad (6)$$

где $C^k_j(\Delta x^k_{j\xi})$ – УБП вооружения j -го типа k -го вида.

Известно, что замена вооружения в подразделении ПВО осуществляется с целью повышения эффективности создаваемой группировки. Эффективность группировки ПВО в общем случае будем

оценивать вектор-функцией $r(x, y, F^*)$, характеризующей степень достижения цели отражения массированного (МУ) средств воздушного нападения (СВН) при заданных начальных составах x (стрельбовые каналы) и y (системы управления) и требуемых показателях результатов отражения МУ СВН. При этом замена вооружения должна естественно обеспечивать максимальное увеличение эффективности группировки ПВО.

Учитывая вышеизложенное, задачу замены вооружения сформулируем следующим образом.

Найти векторы замены:

$$\Delta k = \{\Delta x^k_{j\xi}\}; \quad j = 1, j^*; \quad \xi = 1, \xi^*; \quad k = 1, k^*,$$

обеспечивающие

$$\max[r(x^k_j - \Delta x^k_j + \Delta x^k_{j\xi}, y, F^*) - r(x^k_j, y, F^*)], \quad (7)$$

при ограничениях:

общая численность вооружения

$$x^k_j > 0; \quad (8)$$

количество заменяемых образцов

$$\Delta x^k_{j\xi} \geq 0; \quad (9)$$

новый состав группировки

$$x^k_j = x^k_j - \Delta x^k_j + \Delta x^k_{j\xi}; \quad (10)$$

предельный УБП

$$\sum_{k=1}^{k^*} \sum_{\xi=1}^{\xi^*} C^k_j(\Delta x^k_{j\xi}) \leq C^*; \quad (11)$$

производственные возможности ВПК

$$q(\Delta x) \leq q^*.$$

I. Задачу наращивания вооружения группировки ПВО можно получить при замене выражений (7) – (11) в следующем виде:

$$\max[r(x^k_j - \Delta x^k_j + \Delta x^k_{j\xi\Sigma}, y, F^*) - r(x^k_j, y, F^*)], \quad (12)$$

1) снимаются ограничения (9) и (10);

2) учитывается, что все разработанное вооружение идет на увеличение состава группировки ПВО x^k_j ;

3) в ограничениях по УБП (11) необходимо учитывать приращение УБП при эксплуатации вновь разработанного вооружения ΔC^k_j ;

4) дополнительно необходимо учесть ограничения по боевому расчету для разработанного вооружения

$$f(\Delta x) \leq f^*, \quad (13)$$

где f^* – максимальная численность боевого расчета, которая может быть выделена на обслуживание дополнительного вооружения Δx .

II. Задачу развития группировки ПВО можно получить из (7) – (11) путем снятия ограничения (9) и преобразования ограничения (11) к виду:

$$x^k_j = x^k_j - \Delta x^k_j + p^k_j(\Delta x^k_{j\xi} + \Delta x^k_{j\xi\Sigma}), \quad (14)$$

где $p^k_j > 0$ – доля заменяемого вооружения j -го типа k -го вида (по отношению к заменяемому вооружению).

При преобразовании ограничения (11) к виду

$$\sum_{k=1}^{k^*} \sum_{j=1}^{j^*} C_j^k (1 - p_j^k) (\Delta x_{j\xi}^k + \Delta x_{j\xi\Sigma}^k) \leq C^*, \quad (15)$$

с добавлением преобразованного ограничения (13)

$$f \left[x_j^k - \Delta x_j^k + p_j^k (\Delta x_{j\xi}^k + \Delta x_{j\xi\Sigma}^k) \right] \leq f^*. \quad (16)$$

Оценка эффективности отражения первого МУ группировкой ПВО при решении рассматриваемых задач, составляющая основу выражения (7), как правило, осуществляется с использованием математических моделей оценки эффективности боевых действий войск ПВО СВ [2, 3]. Зависимость $r(x, y, F^*)$, получаемая с помощью этих моделей, представляет собой вектор-функцию, заданную алгоритмически. Однако опыт решения таких задач показал, что получение значения $r(x, y, F^*)$ с помощью модели [3], как определение значения алгоритмически заданной функции и решение задачи (7), т.е. определение экстремума вектор-функции на множестве допустимых значений, требует применения методов векторной оптимизации, сопровождающейся значительными трудностями вычислительного характера.

Возможен, однако, другой подход к определению зависимости $r(x, y, F^*)$, основанный на переходе от вычисления и анализа вектор-функции $r(x, y, F^*)$ к вычислению и анализу ее приращения $\Delta r(x + \Delta x, y, F^*)$ и аппроксимации приращения вектор-функции результатов рассматриваемого отражения МУ СВН с использованием коэффициентов соизмеримости боевой эффективности разнородного и однородного вооружения.

Рассмотрим приращение вектор-функции $r(x, y, F^*)$, вызываемые заменой вооружения. При осуществлении замены вооружения Δx из группировки ПВО извлекают вооружение j -го типа k -го вида, вследствие чего происходит снижение эффективности группировки ПВО

$$\Delta r_j^k (\Delta x_j^k) = r(x, y, F^*) - r(x - \Delta x_j^k, y, F^*). \quad (17)$$

Добавляя в состав подразделения ПВО $\Delta x_{j\xi}^k$ единиц заменяющего вооружения k -го типа ξ -го вида, увеличиваем эффективность подразделения ПВО

$$\Delta r_{j\xi}^k (\Delta x_{j\xi}^k) = r(x - \Delta x_j^k + \Delta x_{j\xi}^k, y, F^*) - r(x, y, F^*). \quad (18)$$

Тогда в рамках j -го вида получим изменение вектор-функции эффективности подразделения ПВО

$$\Delta r^k = \Delta r_j^k (\Delta x_j^k) + \Delta r_{j\xi}^k (\Delta x_{j\xi}^k), \quad (19)$$

а для всех замен вооружения, осуществляемых в рамках каждого вида, получим следующее выражение для изменения эффективности группировки ПВО

$$\Delta r^k = \sum_{k=1}^{k^*} \sum_{j=1}^{j^*} \Delta r_j^k (\Delta x_j^k) + \sum_{k=1}^{k^*} \sum_{\xi=1}^{j^*} \Delta r_{j\xi}^k (\Delta x_{j\xi}^k). \quad (20)$$

Для определения эффективности подразделения ПВО, преобразуем выражение (19), разделив обе части его на $\Delta x_{j\xi}^k$:

$$\frac{\Delta r^k}{\Delta x_{j\xi}^k} = \frac{\Delta r_j^k}{\Delta x_j^k} + \frac{\Delta r_{j\xi}^k}{\Delta x_{j\xi}^k}. \quad (21)$$

В левой части выражения (21) записана доля приращения эффективности подразделения ПВО, обусловленная заменой одной единицы k -го типа n -го вида на одну единицу k -го типа ξ -го вида. В правой части выражения (21) значения представлены боевые потенциалы (для рассматриваемого противоздушного боя) единиц вооружения k -го типа j -го и ξ -го вида соответственно. На основе значений боевых потенциалов можно определить коэффициент соизмеримости боевой эффективности (КСБЭ) однородного вооружения. Переходя к использованию КСБЭ вместо выражения (21) получим

$$Q^k = Q_j^k + Q_{j\xi}^k, \quad (22)$$

где Q^k – приращение КСБЭ (приращение условного боевого потенциала) единицы вооружения k -го типа j -го вида по сравнению с единицей вооружения k -го типа ξ -го вида; Q_j^k и $Q_{j\xi}^k$ – КСБЭ единицы вооружения k -го типа j -го вида и k -го типа ξ -го вида по отношению к единице k -го типа j -го вида.

Матрицы приращений условного боевого потенциала (УБП) можно получить, определив матрицы КСБЭ однородного вооружения

$$Q^n = \{q_j^k\} \quad (22)$$

и разнородного вооружения

$$Q^n = \{q_j^{ki}\}, \quad (23)$$

где q – элемент матрицы Q , в которой содержится только по одному типу вооружения каждого k -го типа.

Зная матрицы вида (22), (23), можно для оценки боевой эффективности вместо вектор-функции (20) использовать скалярную функцию приращения УБП в рамках k -го типа [4]

$$\Delta C = \sum_{k=1}^{k^*} \sum_{j=1}^{j^*} C_j^k \Delta x_j^k, \quad (24)$$

а для всех замен в рамках каждого k -го типа:

$$\Delta C = \sum_{k=1}^{k^*} \sum_{j=1}^{j^*} \sum_{\xi=1}^{\xi^*} C_{j\xi}^k \Delta x_{j\xi}^k, \quad (25)$$

где C_j^k и $C_{j\xi}^k$ – УБП вооружения k -го типа j -го вида и k -го типа ξ -го вида соответственно.

Суммарный УБП подразделения ПВО определим в виде произведения численностей Δx_j^k каждого из образцов вооружения на приведенный к одному типу (образцу) КСБЭ, взятой из обобщенной матрицы КСБЭ. Выполнив соответствующие подстановки, получим

$$C_\Sigma = \sum_{k=1}^{k^*} \sum_{j=1}^{j^*} C_j^k x_j^k. \quad (26)$$

Приращение эффективности подразделения ПВО в результате замены вооружения определится через

приращение УБП, т.е. будем иметь соответствие

$$\Delta r^k \Leftrightarrow \Delta C. \quad (27)$$

Между эффективностью подразделения ПВО и суммарным УБП до замены вооружения очевидно соответствие

$$r(x, y, F^*) \Leftrightarrow \Delta C. \quad (28)$$

В результате получим новое выражение для относительного увеличения эффективности

$$W_{\text{подр.}} = \Delta C / C_{\Sigma}. \quad (29)$$

В соответствии с выражениями (25), (26) имеем:

$$W_{\text{подр.}} = \frac{\sum_{k=1}^{k^*} \sum_{j=1}^{j^*} \sum_{\xi=1}^{\xi^*} C_{j\xi}^k \Delta x_{j\xi}^k}{\sum_{k=1}^{k^*} \sum_{j=1}^{j^*} C_j^k x_j^k}. \quad (30)$$

Вывод

Разработанный метод решения задачи замены (модернизации) вооружения позволяет оценивать стоимости различных вариантов замены вооружения после его модернизации в составе подразделения ПВО, т.е. найти оптимальный по стоимости план замены вооружения при условии достижения заданного уровня эффективности подразделения ПВО с

учетом возможностей промышленности по производству заменяющего вооружения.

Это позволяет, в свою очередь, создать оперативно-штатную структуру войск ПВО Сухопутных Войск под обеспечение устойчивой ПВО полка.

Список литературы

1. *Методологические основы определения норм безвозвратных потерь боевого расхода вооружения, военной техники и других материально-технических средств (монография)* // Под ред. И.С. Циганкова. – М.: Воениздат, 1982. – 212 с.
2. *Лосев И.Ф. Методология оценки эффективности боевых действий войск ПВО СВ* // Тезисы докл. военного научного семинара. – К.: в/ч 22455. – 1979. – С. 185-188.
3. *Математическая модель оценки эффективности боевых действий войск ПВО № РО-103.* – К.: в/ч 22455, 1979. – 98 с.
4. *Левин Б.Р., Шварц В.И. Вероятностные модели и методы в системах связи и управления.* – М.: Радио и связь, 1985. – 311 с.

Поступила в редколлегию 8.11.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.И. Обод, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.