

УДК 355.351.1

**А.И. Буравлев**, доктор технических наук, профессор

## **ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ БОЕВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГРУППИРОВОК ВОЙСК В ЗАДАЧАХ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

*В статье рассмотрен методический подход к оценке боевых возможностей группировок войск на основе теории боевой эффективности и военно-экономического анализа. Предложена единая методика расчета боевых потенциалов ударных комплексов и воинских формирований различных уровней, а также стоимости их оснащения ВВТ. Сформулированы оптимизационные задачи оснащения воинских формирований ВВТ по критерию «эффект-затраты» и предложен алгоритм их решения.*

*Ключевые слова: показатели технического совершенства ВВТ; боевой потенциал ВВТ и воинских формирований; стоимость закупок ВВТ; программа оснащения вооруженных сил ВВТ; прямая и обратная задачи военного планирования.*

Задача оценки боевых возможностей группировок войск (сил) и Вооруженных Сил в целом является одной из самых сложных в комплексе задач программно-целевого планирования развития системы вооружения [1-3]. В структуре военно-стратегических данных (ВСОИД), представляемых Генеральным штабом Вооруженных Сил РФ, присутствуют только номенклатура и численность вооружения и военной техники (ВВТ), необходимых для оснащения Вооруженных Сил<sup>1</sup>. При этом отсутствует методический инструментарий, позволяющий оценивать ожидаемые боевые возможности войск и сил для различных сценариев ведения военных действий в зависимости от уровня оснащения их и количественно-качественных характеристик ВВТ. В случае корректировки исходных данных при

---

<sup>1</sup> Единая система исходных данных для программно-целевого обеспечения реализации военной политики РФ (ЕСИД). Указ Президента Российской Федерации от 02 июля 2013 г. №599 «О разработке и реализации государственной программы вооружения».

возникновении ограничений по финансированию Государственной программы вооружения (ГПВ), срокам и объемам поставки ВВТ отсутствует возможность оптимального распределения финансовых ресурсов и объемов поставляемой военной продукции по конечному результату – достижению максимальных боевых возможностей Вооруженных Сил на конец программного периода.

В существующих нормативных и методических документах, к сожалению, также отсутствуют четкие определения количественных показателей оценки боевых возможностей войсковых группировок различного уровня, в том числе и для Вооруженных Сил в целом. Это обстоятельство вносит существенную неопределенность при формировании различных вариантов ГПВ. Поэтому не случайно, что при разработке ГПВ рассматривается только три опорных варианта: минимально необходимый, потребный и заданный по финансовым ресурсам<sup>2</sup>.

В соответствии с паспортом ГПВ ее выходные характеристики определяются тремя показателями:

- коэффициентом оснащенности  $K_0$  воинских формирований ВВТ относительно штатной численности;
- коэффициентом современности  $K_C$ , характеризующим долю современного и перспективного ВВТ в составе воинских формирований;
- коэффициентом исправности  $K_{И}$ , характеризующим долю исправных образцов ВВТ в составе воинских формирований.

Порядок их расчета определен в методических материалах, утвержденных первым заместителем Министра обороны Российской Федерации. Оценка степени реализации ГПВ заключается в сопоставлении плановых и фактических значений показателей  $K_0$ ,  $K_C$ ,  $K_{И}$ , по результатам которого делается вывод о соответствии текущих параметров процесса развития ВВТ плановым (целевым) значениям.

Как эти показатели влияют на боевые возможности Вооруженных Сил и группировок войск остается открытым. В известной литературе по теории вооружения, исследованию операций и боевой эффективности приводятся методики оценки эффективности применения различных систем вооружения и классические модели военных операций для расчета

---

<sup>2</sup> Основные направления развития вооружения, военной и специальной техники (ОНР). Указ Президента Российской Федерации от 02 июля 2013 г. №599 «О разработке и реализации государственной программы вооружения».

показателей боевой эффективности и боевого потенциала воинских формирований (ВФ) различного масштаба. Основной проблемой практического применения этого методического инструмента в задачах программно-целевого планирования является отсутствие в Единой системе исходных данных (ЕСИД) необходимых данных по поражаемым целям, характеристикам уязвимости и эффективности их поражения различными средствами, боевым характеристикам комплексов вооружения.

Между тем все эти данные составляют содержание общих технических требований к вооружению и военной технике, тактико-технических заданий на разработку образцов ВВТ. Достигнутый уровень их реализации отражается в рабочей и конструкторской документации на образец ВВТ, в актах государственных испытаний образцов ВВТ и официальных руководствах по боевому применению ударных комплексов и средств поражения различных видов и родов войск. Таким образом, необходимая информация для оценки боевой эффективности различных образцов ВВТ существует, и она в том или ином виде должна быть включена в ЕСИД для программно-целевого планирования. Решением Министра обороны РФ в 2013 году в состав ЕСИД была включена Система исходных данных по объектам (целям) иностранных государств (СИД О(Ц) ИГ), содержащая перечень, состав и характеристики объектов поражения иностранных государств и применяемых по ним ударных комплексов и средств поражения. Ответственным за разработку этой подсистемы был определен 46 ЦНИИ и ряд видовых НИУ Министерства обороны РФ (3 ЦНИИ, 4 ЦНИИ, ЦНИИ ВВС, 27 ЦНИИ), а также других силовых ведомств под общим научным руководством Российской академии ракетных и артиллерийских наук (РАРАН). Представленный проект создания автоматизированной СИД О(Ц) ИГ был согласован с заинтересованными организациями оборонно-промышленного комплекса и одобрен решением Военно-промышленной комиссии при правительстве Российской Федерации. Опытно-конструкторская работа по созданию автоматизированной подсистемы СИД О(Ц) ИГ должна была завершиться в 2015-2016 гг. Однако ряд обстоятельств, возникших в 2015 и последующих годах, отодвинул эту работу на период 2020-2025 годы.

Между тем актуальность этой работы существенно возросла в связи с появлением новых систем вооружения и способов их боевого приме-

ния [4]. Изменились также взгляды военных специалистов на методологию и методический инструментарий оценивания боевых возможностей образцов ВВТ.

В последние годы внимание специалистов переключилось на разработку *квалиметрических* методов оценки боевых возможностей ВВТ и воинских формирований. Некоторые специалисты связывают применение этих методов с рождением нового научного направления – «военной потенциометрии». На основе «квалиметрического» подхода специалистами Центра военно-стратегических исследований (ЦВСИ) разработана Методика оценки боевых потенциалов вооружения и военной техники, воинских формирований и группировок войск (сил) Вооруженных Сил Российской Федерации и иностранных государств. Методика прошла рецензирование в ведущих НИУ и ВУЗах Министерства обороны и получила много замечаний в части ее теоретического обоснования и практического применения. Тем не менее, в 2015 году она была утверждена к применению Начальником Генерального штаба Вооруженных Сил – первым заместителем Министра обороны РФ.

Недостаточное теоретическое обоснование и сложность расчетной методики не привело к единому восприятию ее как научно обоснованного нормативного документа. Предложенный новый методический подход и расчетная методика оценки боевых потенциалов существенно отличается от классических положений теории боевой эффективности и, скорее всего, может быть использована для оценки *военно-технического уровня* образцов ВВТ. В научных публикациях появились также другие подходы, связанные с оценкой боевого потенциала образцов ВВТ и воинских формирований [5-9] и др.

В связи со сказанным, следует еще раз вернуться к методологии оценки боевых возможностей образцов ВВТ и воинских формирований с позиции классических положений теории исследования операций и боевой эффективности.

## 1. Методология оценки боевых возможностей систем вооружения с позиций теории исследования операций и боевой эффективности

Боевая эффективность образцов ВВТ различного назначения оценивается вероятностью выполнения боевых задач, реализующих цель военной операции. Основной боевой задачей является поражение объектов противника с нанесением ему заданного ущерба в течение определенного времени. Поражение объектов осуществляется ударными комплексами (артиллерийский и ракетный комплекс, танк, самолет, вертолет и пр.) путем воздействия определенными средствами поражения на объекты и нанесения им ущерба. Степень поражения элементарных (одиночных) объектов (целей) принято оценивать вероятностью поражения  $W$ , а сложных (групповых) целей – величиной относительного ущерба  $U$ , характеризующего долю пораженных элементарных объектов в составе групповой цели [5; 9].

Если в некоторый момент времени по одиночной цели наносится удар с применением  $n$  средств поражения (СП) в течение времени  $\Delta t$ , то вероятность поражения цели к моменту  $t + \Delta t$  составит

$$W_n(t + \Delta t) = 1 - (1 - W_1)^{n(\Delta t)}, \quad (1)$$

где  $W_1$  – вероятность поражения цели одним СП.

Эта вероятность, как правило, имеет небольшую величину, именно поэтому для надежного поражения цели применяется залп или серия из  $n$  выстрелов (пусков ракет, сбросов бомб) СП.

С учетом малости  $W_1$  выражение (1) приближенно можно представить линейным разложением

$$W_n(t + \Delta t) - W_n(t) = \Delta W_n(t) \approx n(\Delta t)W_1,$$

где  $W_n(t) = 0$ .

Разделив левую и правую часть этого равенства на промежуток времени  $\Delta t$ , получаем показатель

$$\lambda = \frac{\Delta W_n(t)}{\Delta t} \approx \frac{n(\Delta t)}{\Delta t} W_1 = \nu W_1, \quad (2)$$

характеризующий интенсивность поражающего действия ударного комплекса (УК), зависящий от его скорострельности  $\nu = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t}$  и эффективности действия единичного СП  $W_1$ .

Если цель групповая и содержит  $N_{Ц}$  элементарных (одиночных) целей, каждая из которых поражается с одинаковой вероятностью одиночным СП, то при равномерном распределении серии из  $n$  СП по элементарным целям среднее число пораженных целей будет равно

$$\overline{\Delta N_{Ц}} = N_{Ц} \left[ 1 - (1 - W_1)^{\frac{n(\Delta t)}{N_{Ц}}} \right], \quad (3)$$

а средняя доля пораженных элементарных целей составит  $\overline{\Delta U} = \frac{\overline{\Delta N_{Ц}}}{N_{Ц}}$ .

Величина  $\overline{\Delta U}$  имеет вполне определенный вероятностно-статистический смысл – она характеризует вероятность поражения произвольно выбранной элементарной цели из состава группового объекта при равномерном распределении СП.

Применяя линейное разложение к выражению (2), получаем выражение для интенсивности поражающего действия ударного комплекса:

$$\lambda = \frac{\Delta U}{\Delta t} \approx \frac{n(\Delta t)W_1}{\Delta t N_{Ц}} = \frac{\nu W_1}{N_{Ц}}. \quad (4)$$

Если боекомплект ударного комплекса составляет  $N_{БК}$  средств поражения, а для поражения элементарной цели с заданной гарантийной вероятностью  $W_{Г}$  требуется  $n_{Г}$  СП

$$n_{Г} = \frac{\lg(1-W_{Г})}{\lg(1-W_1)},$$

то данный боекомплект в среднем потенциально обеспечивает поражение числа целей

$$\overline{N_{Ц}} = \frac{N_{БК}}{n_{Г}}.$$

В результате получаем набор характеристик  $N_{БК}$ ,  $\nu$ ,  $W_1$  ударного комплекса, потенциально определяющих его боевые возможности или его боевой потенциал<sup>3</sup>.

В составе ударного комплекса, безусловно, предполагается наличие экипажа (расчета), который непосредственно или дистанционно управляет его боевым применением. В этом случае УК вместе с экипажем представляет собой элементарное тактическое воинское формирование (ТВФ-0) – боевую единицу, составляющую основу последующих воинских формирований (ВФ) [7].

<sup>3</sup> Потенциал (potency- лат.) – возможность, сила.

В качестве показателя боевого потенциала ударного комплекса (боевой единицы ТВФ-0)  $P_{УК}$  естественным образом может служить величина потенциального ущерба, исчисленная средним количеством пораженных элементарных целей определенного типа

$$P_{УК} = \frac{N_{БК}}{n_{Г}}. \quad (5)$$

Для всего спектра ( $r$ ) поражаемых целей боевой потенциал ударного комплекса характеризуется вектором частных боевых потенциалов

$$P_{УК} = (P_{УКj})_{1 \times r}.$$

Как известно, числовой характеристикой вектора служит его норма (длина) [10]. Для конечномерных векторных пространств все известные нормы согласованы между собой, т.е. между ними существуют определенные соотношения. Выбор той или иной нормы, по сути, определяется геометрическими свойствами векторного пространства и физической сущностью его объектов. В прикладных задачах между элементами вектора можно установить некоторую меру предпочтения (ценность, значимость, стоимость и пр.). Как правило, это предпочтение устанавливается экспертами с помощью определенных процедур [11].

Применительно к рассматриваемой задаче между различными объектами поражения (целями) военными экспертами могут быть установлены коэффициенты их значимости  $\alpha_j > 0$ , ( $j = \overline{1, r}$ ), удовлетворяющие следующему предпочтению с точки зрения решаемых боевых задач:

$$\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_r.$$

Тогда в качестве нормы вектора боевого потенциала УК (6) можно использовать линейную форму

$$P_{УК} = \sum_{j=1}^r \alpha_j P_{УКj}, \quad (6)$$

численно определяющую значимость общего количества пораженных элементарных целей. Все аксиомы нормы для линейной формы (6) выполняются.

При равной значимости объектов поражения ( $\alpha_j = 1$ ,  $j = \overline{1, r}$ ) боевой потенциал УК равен общему количеству поражаемых целей

$$P_{\text{УК}} = \sum_{j=1}^r P_{\text{УК}j},$$

Воинские формирования создаются из боевых единиц ТВФ-0, основу которых составляют ударные комплексы (боевые средства) различного назначения. Тактические формирования низшего уровня (ТВФ-1,2 – взвод, рота, батальон, дивизион, эскадрилья и др.) создаются из боевых единиц ТВФ-0, оснащенных одним типом УК. Тактические и оперативно-тактические ВФ высшего уровня (ТВФ-3 -полк, бригада, дивизия) имеют в своем составе несколько типов УК.

Как известно, основной формой боевого применения тактических и оперативно-тактических ВФ является бой, состоящий в нанесении противнику некоторой последовательности ударов. При этом объектами поражения являются ударные и обеспечивающие боевые средства противника, инженерное оборудование их позиций, объекты прилегающей инфраструктуры района боевых действий. В ходе боя противник также наносит аналогичные удары по объектам противоборствующей стороне.

Пусть к моменту времени  $t$  в составе противоборствующих сторон находится  $N_{\text{УК}}^{(1)}$ ,  $N_{\text{УК}}^{(2)}$  ударных комплексов. Распределение их численности по объектам поражения для ударных комплексов определяется показателями целераспределения  $\gamma^{(1)}$ ,  $\gamma^{(2)}$ .

Среднее число пораженных УК второй стороны за время  $\Delta t$  определяется выражением [5; 9]:

$$\Delta N_{\text{УК}}^{(2)}(t) = N_{\text{УК}}^{(2)}(t) \left[ 1 - \left( 1 - W_{\text{УК}}^{(1)} \right)^{\frac{\gamma^{(1)} N_{\text{УК}}^{(1)}(\Delta t)}{N_{\text{УК}}^{(2)}(t)}} \right], \quad (7)$$

где  $W_{\text{УК}}^{(1)}$  – вероятность поражения УК противника первой стороной.

Аналогичное выражение имеет место и для второй стороны.

Линейное приближение выражения (7) дает следующий результат

$$\frac{\Delta N_{\text{УК}}^{(2)}}{\Delta t} \approx -\gamma^{(1)} \lambda^{(1)} W_{\text{УК}}^{(1)} N_{\text{УК}}^{(1)}(t) = -\gamma^{(1)} P_{\text{УК}}^{(1)} N_{\text{УК}}^{(1)}(t). \quad (8)$$

Величина  $\frac{\Delta N_{\text{УК}}^{(2)}}{\Delta t}$  характеризует интенсивность поражения УК объектов второй стороны, которая зависит от параметра целераспределения



$\gamma^{(1)}$ , численности  $N_{УК}^{(1)}$  и боевого потенциала  $P_{УК}^{(1)}$  ударных комплексов первой стороны.

Отсюда естественным образом следует, что боевые возможности сторон определяются численностью и боевым потенциалом ударных комплексов, а также распределением их воздействий по объектам противника.

Для однородных ТВФ их боевой потенциал определяется количеством ударных комплексов  $N_{УК}$ , их боевым потенциалом, а также коэффициентом  $k_{ТВФ}$  повышения эффективности применения УК в составе ВФ за счет управления их боевыми действиями (целераспределение, управление огнем, маневрирование и др.):

$$P_{ТВФ} = k_{ТВФ} P_{УК} N_{УК}. \quad (9)$$

Коэффициент  $k_{ТВФ} > 1$  отражает эффект синергизма, который возникает при объединении отдельных боевых единиц в воинское формирование [11; 18]. Значение этого коэффициента определяется по результатам моделирования боевых действий и боевой подготовки войск. В практических расчетах коэффициент синергизма может принимать значения  $k_{ТВФ} = 1, 1, \dots, 1, 3$ . Эти коэффициенты должны также входить в перечень данных СИД О(Ц) ИГ.

Для тактических и оперативно-тактических ВФ (полк, бригада, дивизия), состоящих из разнородных ВФ низшего уровня, боевой потенциал (в силу его определения) является суммой потенциалов составных частей с соответствующим коэффициентом синергизма

$$P_{ОВФ} = k_{ОВФ} \sum_{i=1}^l m_i P_{ТВФ_i}, \quad (10)$$

где  $m_i$  – количество ВФ  $i$ -го типа, а  $l$  – число типов ВФ в составе ОВФ.

Применяя изложенный выше подход, мы получаем иерархическую структуру расчета боевых потенциалов для группировок войск (сил) и Вооруженных Сил в целом. При этом используются только классические модели и показатели боевой эффективности без привлечения методов «квалиметрии», «военной потенциометрии» и пр.

В практике военного планирования строительства и применения ВС принято использовать не абсолютные значения боевых потенциалов ВФ,

исчисленные через наносимый противнику ущерб, а относительные их значения, полученные путем сравнения их с боевыми потенциалами противостоящих группировок войск (сил) и вооруженных сил потенциального противника [7; 8].

В этом случае мы получаем так называемые коэффициенты боевых потенциалов ВФ. Для тактического ВФ, оснащенного одним типом ВВТ, коэффициент боевого потенциала (КБП) рассчитывается по формуле:

$$\text{КБП}_{\text{ТВФ}} = \frac{P_{\text{ТВФ}}}{P_{\text{ТВФ}}^{\text{э}}} = \frac{k_{\text{ТВФ}} P_{\text{УК}} N_{\text{УК}}}{k_{\text{ТВФ}}^{\text{э}} P_{\text{УК}}^{\text{э}} N_{\text{УК}}^{\text{э}}} = K_{\text{ВФ}} K_{\text{УК}} K_{\text{СС}}, \quad (11)$$

где  $K_{\text{УК}} = \frac{P_{\text{УК}}}{P_{\text{УК}}^{\text{э}}}$  – коэффициент боевого потенциала УК;  $K_{\text{СС}} = \frac{N_{\text{УК}}}{N_{\text{УК}}^{\text{э}}}$  – коэффициент соотношения численностей УК;  $K_{\text{ТВФ}} = \frac{k_{\text{ТВФ}}}{k_{\text{ТВФ}}^{\text{э}}}$  – относительный коэффициент синергизма ТВФ.

Коэффициент боевого потенциала для оперативных и оперативно-стратегических ВФ (ОСВФ), в составе которого находятся оперативные, оперативно-тактические и тактические ВФ, определяется следующим выражением:

$$\text{КБП}_{\text{ОСВФ}} = K_{\text{ОСВФ}} \frac{\sum_{i=1}^L m_i P_{\text{ТВФ}_i}}{\sum_{i=1}^{L^{\text{э}}} m_i^{\text{э}} P_{\text{ТВФ}_i}^{\text{э}}} = K_{\text{ОСВФ}} \sum_{i=1}^L \alpha_i^{\text{э}} \text{КБП}_{\text{ТВФ}_i}, \quad (12)$$

где  $K_{\text{ОСВФ}}$  – относительный коэффициент синергизма ОСВФ;  $\text{КБП}_{\text{ТВФ}_i}$  – коэффициент боевого потенциала  $i$ -го ТВФ;  $\alpha_i^{\text{э}} = \frac{m_i^{\text{э}} P_{\text{ТВФ}_i}^{\text{э}}}{\sum_{i=1}^{L^{\text{э}}} m_i^{\text{э}} P_{\text{ТВФ}_i}^{\text{э}}}$  – коэффициент

вклада  $i$ -го ТВФ в боевой потенциал эталонного ОСВФ;  $m_i, m_i^{\text{э}}, L, L^{\text{э}}$  – численности и типаж оперативно-тактических ВФ в составе ОСВФ.

На рисунке 1 приведена иерархическая схема расчета боевых потенциалов ВФ, начиная с нижнего уровня (УК-ТВФ<sub>0</sub>) и до высшего уровня – оперативно-стратегических формирований и Вооруженных Сил РФ в целом.

В заключение данного параграфа следует отметить, что боевой потенциал, рассчитанный с помощью рассмотренного подхода, отражает лишь потенциальные возможности ВФ. Это вовсе не означает, что в реальных условиях военных действий он будет полностью реализован.

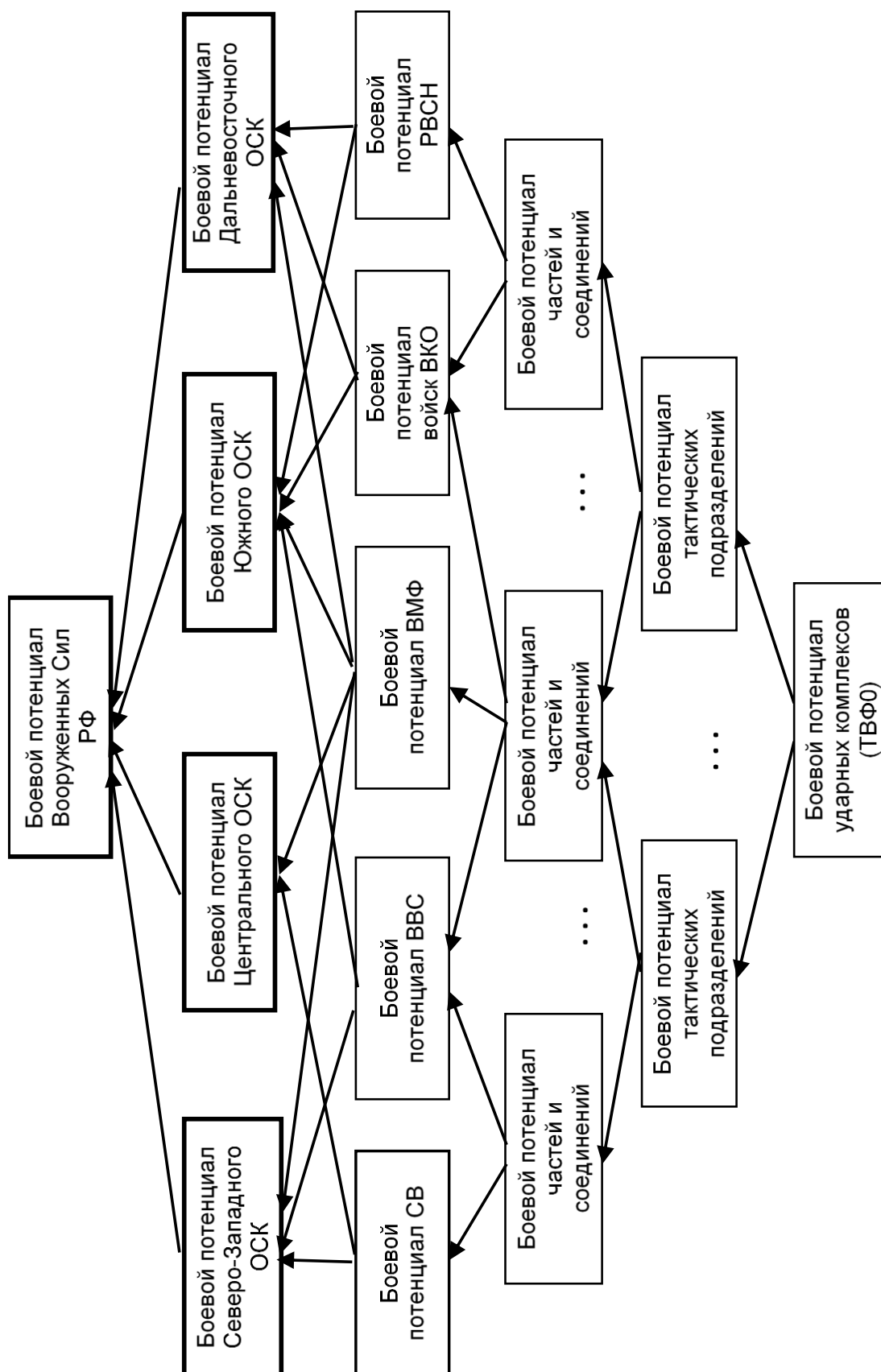


Рисунок 1 – Иерархическая схема расчета боевого потенциала воинских формирований

Для оценки степени реализации боевого потенциала необходимо детальное моделирование боевых действий в рамках определенного сценария. Такие модели существуют и используются в задачах военного планирования для оценки эффективности применения группировок ВС [см., например, 12-14].

Ударные комплексы играют решающую роль при решении тактико-огневых задач. Однако, для их применения необходимы обеспечивающие средства (транспортные машины, подъемные и заряжающие механизмы, средства разведки, связи и управления, средства технического обслуживания, инженерные средства и др.). Поэтому численность ВВТ в составе ВФ  $N_{ВВТ}$  равна сумме численности боевых средств  $N_{УК}$  и связанных с ними средств обеспечения  $N_{ОС}$ :  $N_{ВВТ} = N_{УК} + N_{ОС}$ .

Число обеспечивающих средств, приходящихся на один ударный комплекс, может служить характеристикой автономности УК:

$$\eta_{УК} = \frac{N_{ОС}}{N_{УК}}. \quad (13)$$

При  $N_{ОС} = 0$  ударный комплекс является полностью автономным.

Для каждого ударного комплекса требуется определенный расчет (экипаж), а для средств обеспечения подразделения – соответствующее количество специалистов. Поэтому численности ВВТ и личного состава ВФ связаны между собой.

Обозначим  $M_{Э}$  – численность экипажа (расчета) боевого средства (ТВФ-0), а  $M_{ОС}$  – численность специалистов, необходимых для эксплуатации и применения средств обеспечения. Тогда численность личного состава тактического ВФ составит:  $M_{ЛС} = N_{УК}M_{Э} + M_{ОС}$ .

В зависимости от уровня технического совершенства боевых и обеспечивающих средств изменяется численность потребного для их эксплуатации личного состава. Показателем, характеризующим уровень технического совершенства ВВТ, может служить количество личного состава, необходимого для эксплуатации и применения одного боевого средства:

$$\vartheta_{УК} = \frac{M_{ЛС}}{N_{УК}}. \quad (14)$$

Минимальное значение этого показателя  $\vartheta_{УК} = \frac{1}{N_{УК}}$  достигается, при отсутствии дополнительных средств обеспечения и требуемого для них личного состава ( $N_{ОС} = 0; M_{ОС} = 0$ ), а также при численности расчета  $M_p = 1$  на все боевые средства. Это означает, что УК обладает максимально возможным уровнем технического совершенства. Примерами такого рода ВВТ являются боевые робототехнические комплексы.

В рассмотренном подходе боевой потенциал группировок войск и Вооруженных Сил в целом определяется на основе количественно-качественных параметров ВФ, а уровень боевой подготовки их личного состава косвенно учитывается коэффициентами синергизма соответствующего уровня.

Таким образом, предлагаемый подход к оценке боевого потенциала в целом учитывает все основные (ключевые) факторы, определяющие боевые возможности Вооруженных Сил и его воинских формирований.

## **2. Связь боевого потенциала воинских формирований со стоимостью затрат на его обеспечение**

Для достижения определенного уровня боевого потенциала ВФ необходимо затратить финансовые и материальные ресурсы для оснащения его ВВТ и военным имуществом, создания определенной инфраструктуры необходимой для обеспечения жизнедеятельности и боевой подготовки, а также время на обучение и подготовку личного состава для решения возложенных боевых и специальных задач.

Все затраты финансовых и материальных ресурсов, выделяемых на формирование, оснащение и боевую подготовку войск приводятся к единой стоимостной шкале и определяют бюджет военной организации [15; 16; 18].

Основными расходными статьями военного бюджета являются:

- закупка и ремонт ВВТ;
- НИОКР;
- капитальное строительство;
- боевая подготовка и материально-техническое обеспечение войск;
- содержание военнослужащих и гражданского персонала.

Первые три статьи бюджета представляют собой капитальные (инвестиционные) расходы, а вторые – текущие расходы.

Анализ военных расходов на содержание ВС развитых в военном и экономическом отношении стран показывает, что доля текущих военных расходов составляет 55-70%, а доля капитальных расходов – 30-45% от военного бюджета [15; 17]. При этом несмотря на то, что военный бюджет многих стран составляет от 2 до 5% ВВП, военные расходы непрерывно растут с ростом ВВП.

Военные расходы в значительной степени зависят от численности вооруженных сил, военно-технического уровня ВВТ и степени оснащённости войск ВВТ, уровня их боевой подготовки. Как показывает анализ, эта зависимость является нелинейной в силу взаимной зависимости между составляющими расходов. Так повышение технического уровня ВВТ приводит к увеличению цены закупки и стоимости эксплуатации ВВТ в войсках. Рост технической оснащённости войск приводит к увеличению капитальных затрат на строительство технических парков, аэродромов, танкодромов и других объектов инфраструктуры. Увеличение численности войск приводит к росту как текущих, так и капитальных расходов на их содержание. Повышение интенсивности боевой подготовки приводит также к увеличению материально-технических затрат и росту текущих военных расходов.

В военно-экономическом анализе [16; 18; 19] принимается допущение о пропорциональной зависимости этих расходов от численности ВВТ и личного состава.

В рамках этого допущения среднегодовые расходы на содержание ВФ с однотипным вооружением составляют:

$$C_{ВФ} = C_{ВВТ} + C_{ЛС} = (c_{01} + c_1)N_{ВВТ} + (c_{02} + c_2)M_{ЛС} = c_{ВВТ}N_{ВВТ} + c_{ЛС}M_{ЛС}, \quad (15)$$

где  $c_{01}, c_{02}$  – среднегодовые затраты на создание инфраструктуры для единицы ВВТ и личного состава;  $c_1$  – средние годовые затраты на закупку и эксплуатацию единицы ВВТ;  $c_2$  – среднегодовые затраты на содержание одного служащего ВФ;  $c_{ВВТj} = c_{01} + c_1$ ;  $c_{ЛС} = c_{02} + c_2$  – суммарные годовые затраты на содержание единицы ВВТ и личного состава.

Выразим численность личного состава через показатель технического совершенства ВВТ:  $\vartheta_{ВВТ} = \frac{M_{ЛС}}{N_{ВВТ}} = \frac{\vartheta_{УК}}{1 + \eta_{УК}}$ , а стоимость закупки ВВТ через стоимость единичного УК и потребных для его эксплуатации обеспечивающих средств

$$c_{\text{ВВТ}} = c_{\text{УК}} + c_{\text{ОС}}(N_{\text{ОС}}) = c_{\text{УК}}(1 + \delta_{\text{ОС}}),$$

где  $\delta_{\text{ОС}} = \frac{c_{\text{ОС}}(N_{\text{ОС}})}{c_{\text{УК}}}$  – относительная стоимость обеспечивающих средств, зависящая от показателя автономности УК.

Подставив эти соотношения в формулу (15), получаем зависимость стоимости оснащения ВФ боевыми комплектами, включающими в себя УК, необходимые обеспечивающие средства и специалистов для его эксплуатации:

$$C_{\text{ВФ}}(N_{\text{УК}}) = [c_{\text{УК}}(1 + \delta_{\text{ОС}}) + c_{\text{ЛС}}\vartheta_{\text{УК}}]N_{\text{УК}} = c_{\text{УК}}^*N_{\text{УК}}, \quad (16)$$

где  $c_{\text{УК}}^* = c_{\text{УК}}(1 + \delta_{\text{ОС}}) + c_{\text{ЛС}}\vartheta_{\text{УК}}$  – стоимость оснащения ВФ единичным боевым комплектом ВВТ вместе с личным составом.

Это позволяет при формировании ГПВ учесть все основные затраты для оснащения воинских формирований ВВТ и комплектования их личным составом.

Стоимость закупок  $c_{\text{УК}}$  увеличивается с ростом технического совершенства ВВТ и его боевой эффективности. В качестве модельной зависимости стоимости ВВТ от эффективности можно предложить степенную зависимость следующего вида:

$$c_{\text{УК}} = c_{\text{УК}}^{(0)} \left( \frac{P_{\text{УК}}}{P_{\text{УК}}^{(0)}} \right)^{\beta}, \quad (17)$$

где  $c_{\text{УК}}^{(0)}, P_{\text{УК}}^{(0)}$  – стоимость закупки и боевой потенциал базового образца (прототипа) ВВТ;  $\beta > 1$  – степень роста стоимости ВВТ от показателя его боевого потенциала  $P_{\text{УК}}$ . Эти параметры могут быть определены по статистическим данным о закупочных ценах различных типов ВВТ.

В работах Гальченко А.В. и Тегина В.А. [20; 21] на основе статистического анализа закупочных цен образцов бронетехники и авиационной техники за длительный (70-100 лет) период времени их развития получены зависимости удельной стоимости образцов ВВТ в зависимости от уровня их технического совершенства и роста закупочных цен. Эта зависимость аппроксимирована показательной функцией времени

$$c_{\text{ВВТ}}(t) = c_{\text{ВВТ}}(T)k^{t-T}, \quad (18)$$

где  $k = 1,06...1,07$ ;  $T$  – год начала выпуска образца ВВТ;  $t$  – текущий (прогнозный) год.

Поэтому факт роста затрат на закупку и оснащение ВФ ВВТ должен учитываться при расчете параметров программы ГПВ на весь период ее действия.

Нетрудно заметить сходство между зависимостями (17), (18) и установить связь между их параметрами.

Полученные выше зависимости между боевым потенциалом ВФ, численностью боевых комплектов УК и стоимостью оснащения ВФ позволяют сформулировать задачу оптимизации структуры ВФ по критерию «эффект – затраты».

### 3. Задачи оптимального программно-целевого планирования оснащения Вооруженных Сил ВВТ

В теории и практике программно-целевого планирования рассматриваются две задачи [1; 3].

А) *Прямая задача* – состоит в обеспечении требуемого боевого потенциала Вооруженных Сил и его группировок войск (сил) на разных операционных направлениях при минимальной стоимости военных расходов на оснащение их ВВТ:

$$P_{BC}(N_{ВВТ}) = \sum_{j=1}^L P_{ОСВФ_j}(N_{ВВТ}) \geq P_{BC}^{TP} \cup P_{ОСВФ_j}(N_{ВВТ}) \geq P_{ОСВФ_j}^{TP}; (j = \overline{1, L})$$

$$C_{BC} = \sum_{j=1}^L C_{ОСВФ_j}(N_{ВВТ}) \rightarrow \min_{N_{ВВТ}}$$
(19)

Б) *Обратная задача* – необходимо обеспечить максимальный боевой потенциал ВС или группировок войск на разных операционных направлениях при выделенных финансовых и материальных ресурсах:

$$P_{BC}(N_{ВВТ}) = \sum_{j=1}^L P_{ОСВФ_j}(N_{ВВТ}) \rightarrow \max_{N_{ВВТ}} \cup P_{ОСВФ_1}(N_{ВВТ}) \rightarrow \max_{N_{ВВТ}}$$

$$P_{ОСВФ_j}(N_{ВВТ}) \geq P_{ОСВФ_j}^{TP}; (j = \overline{1, L}); C_{BC} = \sum_{j=1}^L C_{ОСВФ_j}(N_{ВВТ}) \leq C_{BC}^{зад}$$
(20)



Обе задачи являются задачами нелинейного программирования в силу нелинейной зависимости параметров функций боевых потенциалов и стоимости затрат на его обеспечение.

Рассмотрим методику решения прямой задачи оснащения оперативного воинского формирования (ОВФ) ударными комплексами для обеспечения требуемого боевого потенциала. В состав ОВФ может входить несколько тактических ВФ, вооруженных  $L$  типами ударных комплексов. Боевой потенциал ОВФ и стоимость затрат на его обеспечение определяются следующими выражениями:

$$P_{ОВФ} = K_{ОСВФ} \sum_{i=1}^L m_i P_{ТВФ_i} \geq P_{ОВФ}^{ТР}; \quad C_{ОВФ} = \sum_{i=1}^L m_i C_{ТВФ_i} \rightarrow \min_{N_{УК}}$$

где  $P_{ТВФ_i} = k_{ТВФ} P_{УК_i} N_{УК_i}$ ;  $C_{ТВФ_i} = c_{УК_i} (1 + \delta_{ОС_i}) N_{УК_i}$  – боевой потенциал ТВФ и стоимость затрат на его оснащение УК  $i$ -го типа;  $\delta_{ОС_i} = \frac{C_i(N_{ОС})}{c_{УК_i}}$  – величина относительной стоимости обеспечивающих средств для УК  $i$ -го типа;  $m_i$  – количество ТВФ, оснащенных  $i$ -м типом УК.

Все параметры задачи – коэффициенты синергизма, боевой потенциал, стоимость УК и связанных с ними обеспечивающих средств принимаются постоянными. В этом случае исходная задача превращается в задачу линейного программирования с  $L$  переменными и одним ограничением.

В соответствии с теорией линейного программирования такая задача имеет не единственное решение [22]. При сохранении в составе ОВФ всех типов УК возможно получение условно оптимального решения с использованием численного градиентного метода. Согласно этому методу распределение затрат по воинским формированиям осуществляется пропорционально градиенту стоимости от боевого потенциала  $\frac{\partial C_{ВФ_i}}{\partial P_{ВФ_i}} = \frac{c_{УК_i}}{P_{УК_i}}$ , ( $i = \overline{1, L}$ ).

Итерационная схема алгоритма для расчета стоимости ВФ имеет следующий вид:

$$C_{ВФ_i}(\tau + 1) = C_{ВФ_i}(\tau) + \lambda \frac{c_{УК_i}}{P_{УК_i}} [P_{ВФ}^{ТР} - P_{ВФ}(\tau)], \tau = 1, 2, \dots \quad (21)$$

где  $\lambda > 0$  – шаг итерационного процесса с параметром, регулирующим скорость его сходимости;  $\tau$  – номер итерации.

Для обратной задачи итерационный алгоритм имеет вид:

$$P_{ВФ_i}(\tau + 1) = P_{ВФ_i}(\tau) + \lambda \frac{P_{УК_i}}{C_{УК_i}} [C_{ВФ}^{Зад} - C_{ВФ}(\tau)], \tau = 1, 2, \dots \quad (22)$$

Данный алгоритм обеспечивает устойчивую сходимость решения к оптимальному значению целевой функции.

В качестве примера рассмотрим задачу оптимизации численности ОВФ, состоящего из трех ТВФ с различными типами УК. В таблице 1 приведены исходные данные для данной задачи.

Таблица 1 – Исходные данные

Тип УК в составе ОВФ	№1	№2	№3
Боевой потенциал единичного УК	2,8	1,7	3,2
Стоимость единичного $C_{УК}$	1,2	1,5	2,3
Показатель автономности УК $\eta_{УК}$	3	2	5
Относительная стоимость ОС $\delta_{ОС}$	0,2	0,15	0,1

Требуется определить численность УК, обеспечивающую достижение суммарного боевого потенциала  $P_{ОВФ}^{ТР} = 120$  ед. при минимальной стоимости оснащения ОВФ без учета потребного личного состава.

Результаты расчетов, проведенные с помощью итерационного алгоритма (21), показаны на рисунках 2, 3.

Как видно из приведенных рисунков алгоритм (21) с параметром шага  $\lambda = 0,35$  обеспечивает достаточно быструю сходимость к стационарным значениям переменных и связанных с ними показателей. При численности  $N_{УК1} = 21$ ;  $N_{УК2} = 38$ ;  $N_{УК3} = 27$  достигается требуемый боевой потенциал  $P_{ОВФ}^{ТР} = 120$  ед. и стоимость оснащения ОВФ ВВТ  $C_{ОВФ} = 158,7$  у.е.

Единственное решение может быть получено, если отказаться от многотипности УК в составе ОВФ, а ограничиться типом, для которого отношение стоимости к величине боевого потенциала минимально

$$i^* = \arg \min_{1 \leq i \leq L} \left\{ \frac{C_{УК_i}}{P_{УК_i}} \right\}. \text{ Таким свойством обладает УК №1.}$$

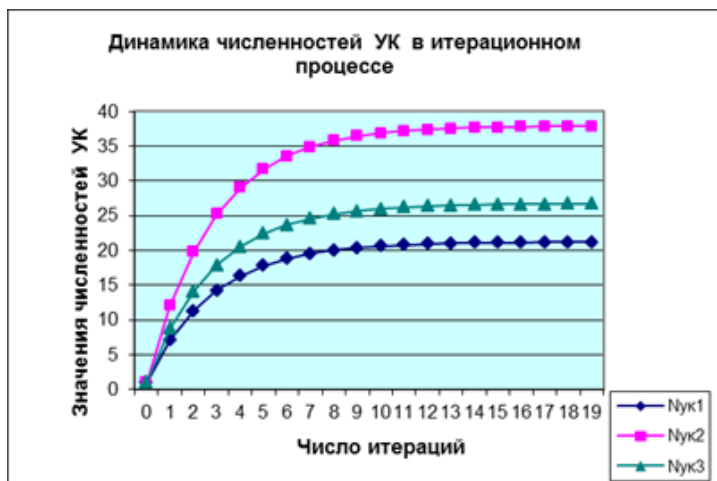


Рисунок 2-Динамика численностей УК в итерационном процессе

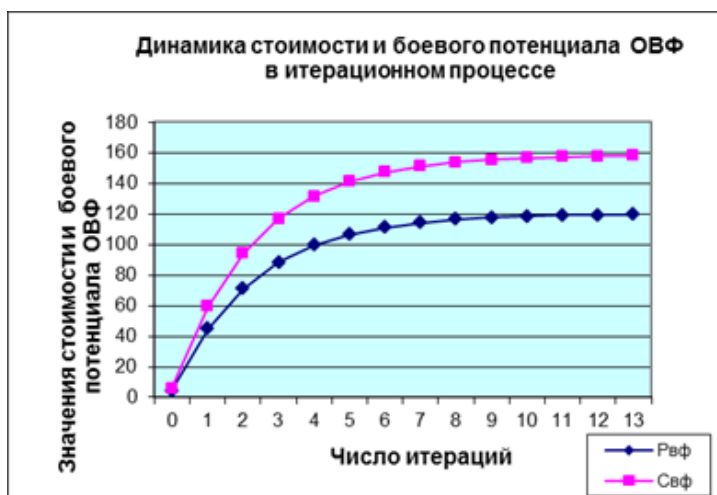


Рисунок 3- Динамика стоимости и боевого потенциала ОВФ в итерационном процессе

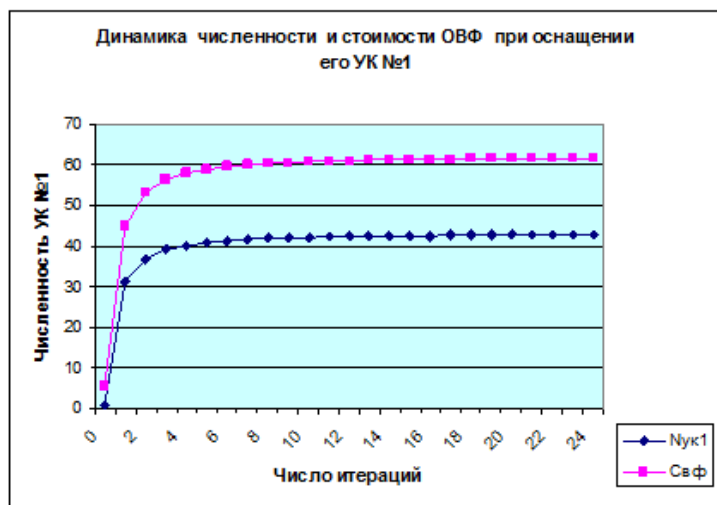


Рисунок 4 – Динамика численности и стоимости ОВФ при оснащении его УК №1

На рисунке 4 показан график итерационного процесса получения оптимальной численности УК №1 в составе ОВФ. При этом обеспечивается требуемое значение боевого потенциала ОВФ ( $P_{ОВФ}^{ТР} = 120$  ед.) при стоимости оснащения ВВТ  $C_{ОВФ} = 150,3$  у.е.

Рассмотренный методический подход позволяет решать задачу программно-целевого планирования оснащения Вооруженных Сил и его группировок войск (сил) с оценкой их боевых возможностей, что, несомненно, повышает степень объективности и достоверности принимаемых решений.

Для его реализации необходимо создание Единой системы исходных данных для ПЦП с включением в ее программный комплекс соответствующих расчетных алгоритмов.

#### Список использованных источников

1. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения/Под ред. М.М. Московского. М.: Издательский дом «Граница», 2005.
2. Буренок В.М. Современные проблемы планирования развития системы вооружения РФ и направления их развития // Вооружение и экономика. 2010. № 4(12).
3. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. В 2-х ч. / Под ред. В.М. Буренка. М.: Издательская группа «Граница», 2013. 513 с.
4. Буренок В.М. Новые технологии, новые системы вооружения, новые характеры войн // Вооружение и экономика. 2011. № 1(13).
5. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии: военно-теоретический труд / Под ред. А.А. Бобрикова. СПб.: Академия военных наук, 2006.
6. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Смоленков В.А. Введение в теорию эффективности боевых действий ракетных войск и артиллерии: монография. М.: ВАГШ, 2008.
7. Буравлев А.И., Цырендоржиев С.Р., Брезгин В.С. Основы методологического подхода к оценке боевого потенциала образцов ВВТ и воинских формирований // Вооружение и экономика. 2009. № 3(7).
8. Бонин А.С., Горчица Г.И. О боевых потенциалах образцов ВВТ, формирований и соотношениях сил группировок сторон // Военная мысль. 2010. № 4.
9. Буравлев А.И., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники и их применение в задачах программно-целевого планирования // Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. В 2-х ч. / Под ред. В.М. Буренка. М.: Издательская группа «Граница», 2013. 513 с.
10. Колмогоров А.Н., Фомин В.А. Элементы функционального анализа. М.: Наука, 1968.

11. Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. М.: Радио и связь, 1982. 184 с.
12. Технология имитационного моделирования боевых действий / Под ред. С.В. Ягольников. Тверь: 2 ЦНИИ Минобороны России, 2009. 262 с.
13. Горчица Г.И., Ищук В.А. Проблемы моделирования в интересах военного строительства и планирования развития ВВТ // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. РАРАН, 2013. № 3(78).
14. Буравлев А.И., Горшков П. С. К вопросу о построении агрегированной модели противоборства группировок войск // Вооружение и экономика. 2017. № 5(42).
15. Военный бюджет государства. Методы обоснования и анализа / Под общ. ред. Г.С. Олейника. М.: Военное издательство, 2000. 359 с.
16. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: учебник. М.: Военный университет, 2015. 340 с.
17. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюции взглядов на проблемы, методы, решения. М.: Издательство «Граница», 2013.
18. Останков В.И. Методология военно-экономического обоснования перспективного облика Вооруженных сил Российской Федерации: монография. М.: ВАГШ, 2013. 144 с.
19. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. М.: Издательская группа «Граница», 2012. 424 с.
20. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости боевых летательных аппаратов и численности ВВС стран мира // Вооружение и экономика. 2012. № 3(19).
21. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости танков и численности боевого состава бронесил стран мира // Вооружение и экономика. 2013. № 1(21).
22. Карманов В.Г. Математическое программирование. 2-е изд. М.: Наука, 1980. 256 с.