

А.И. Буравлев, доктор технических наук,
профессор

О связи военных расходов с боевым потенциалом вооруженных сил

В статье рассматривается методологический подход к оценке боевых возможностей вооруженных сил и связи их с военными расходами. Для оценки боевых возможностей воинских формирований (ВФ) различного уровня предлагается использовать единый показатель – боевой потенциал (БП), количественно оцениваемый величиной ущерба нанесенного противоборствующей стороне. Моделирование процесса противоборства осуществляется с помощью известных аналитических и имитационных моделей, в которых ВФ представляется как сложная боевая система, включающая в себя ударные средства, подсистемы боевого управления и материально-технического обеспечения. Потребная численность ВФ по вооружению и личному составу рассчитывается по предлагаемой в статье методике, исходя из требуемого соотношения БП противоборствующих сторон. На основе потребной численности ВВТ и личного состава ВФ рассчитываются необходимые расходы на оснащение и содержание ВФ. В результате получается система количественных зависимостей между боевым потенциалом и военными расходами на формирование войсковых группировок различного уровня. Разработанный методический аппарат предлагается использовать для решения задач программно-целевого планирования развития системы вооружения и вооруженных сил страны.

Введение

Вооруженные силы (ВС) государства являются важнейшей составной частью системы национальной безопасности и главным инструментом обеспечения военной безопасности. Для успешной реализации этой функции вооруженные силы должны обладать определенной военной мощью или боевым потенциалом, способным выступать в роли «последнего довода» дипломатии.

Для осуществления своих функций ВС должны иметь определенную инфраструктуру (аэродромы, танкодромы, артиллерийские парки, порты, причалы, технические позиции, полигоны, военные городки, склады с боеприпасами и военным имуществом и др.), средства вооруженной борьбы – вооружение и военную технику (ВВТ), обученный личный состав, систему управления войсками и систему материально-технического обеспечения войск в мирное и военное время.

Степень реализации этих функций во многом зависит от уровня военных расходов, составляющих военный бюджет государства [1]. Объем военных расходов зависит от многих факторов, основными из которых являются состояние военной безопасности страны, состояние экономики и географические особенности страны. Для большинства развитых стран доля военных расходов составляет 2-5% внутреннего валового продукта (ВВП) и 15-25% от бюджета государства [1-3].

В теории и практике военно-экономических исследований предполагается, что с ростом военных расходов происходит также увеличение боевого потенциала вооруженных сил. Однако военные расходы приводят к уменьшению государственного бюджета на социально-экономическое развитие страны. Возникает проблема определения оптимальных военных расходов, обеспечивающих с одной стороны достаточный уровень военной безопасности страны, а с другой – поступательное развитие ее экономики и социальной сферы. Эта проблема рассматривалась в ряде работ [4-8] с точки зрения оптимизации оборонных расходов для обеспечения национальной безопасности страны. Однако пока остается нерешенным главный вопрос: как связаны военные расходы с боевым потенциалом вооруженных сил, который является показателем воен-

ной мощи страны и «компенсатором» возможных военных угроз. В данной статье рассматривается методологический подход к построению модели связи боевого потенциала ВС с величиной расходов на его обеспечение.

1. Боевой потенциал вооруженных сил и методология его оценки

Во многих военно-теоретических работах [9-13, 19, 20] *боевой потенциал* рассматривается как обобщенный (интегральный) показатель боевых возможностей вооруженных сил и его воинских формирований (ВФ) различного уровня, характеризующий способность решать поставленные боевые задачи в различных условиях.

Боевые возможности ВС и воинских формирований (ВФ) различного уровня определяются их численностью и военно-техническим уровнем ВВТ, уровнем боевой подготовки и моральным духом личного состава, уровнем подготовки командиров (штабов), военно-техническим уровнем системы управления, полнотой и качеством материально-технического обеспечения.

Численность ВВТ и личного состава ВФ взаимосвязаны и определяются типажом и военно-техническим уровнем ВВТ, характером и способами их применения, уровнем обученности личного состава.

Военно-технический уровень ВВТ характеризуется тактико-техническими характеристиками (ТТХ) образцов вооружения и военной техники. Оценка военно-технического уровня ВВТ осуществляется путем сравнения основных ТТХ образцов с образцами-аналогами, которые находятся на вооружении или планируются к принятию на вооружение у вероятного противника. Правомочность такого подхода обусловлена тем, что любая количественная оценка свойств объектов осуществляется относительно некоторого эталона [10-13]. Эталоном в данном случае выступают образцы ВВТ вероятного противника.

Уровень подготовки командира и штаба, полнота и качество материально-технического обеспечения существенным образом влияет на организацию и результативность боевой подготовки и боевого применения ВФ.

Непосредственная оценка эффективности деятельности ВС возможна только в результате военных действий. В мирное время оценка боевых возможностей ВС, ее видов и родов войск (сил) возможна только на основе военных учений, результатов боевого применения на полигонах, морских походах и масштабного моделирования военных действий в различных условиях.

Для оценки боевого потенциала группировок войск и ВС в настоящее время существует ряд программно-технических комплексов, осуществляющих имитационное моделирование военных действий на различном тактическом, оперативно-тактическом, оперативно-стратегическом уровнях [11, 15, 16]. Однако для подробного и адекватного моделирования военных действий даже на уровне тактического подразделения (взвода, роты, батареи) с многократным повтором всех исходов моделируемого процесса требуются огромные затраты времени и вычислительных ресурсов.

Следует также отметить, что боевой потенциал, определенный с помощью даже самой полной модели, характеризует лишь *потенциальные* возможности исследуемого ВФ. Это не означает, что в реальных условиях военных действий они будут полностью реализованы. Поэтому боевой потенциал следует рассматривать как *предельную* характеристику боевых возможностей ВФ на множестве различных условий его боевого применения.

Суть предлагаемого ниже подхода состоит в построении иерархии моделей для оценки боевого потенциала, начиная с отдельного образца ВВТ, затем воинского формирования определенного уровня вплоть до оперативно-стратегических группировок, видов и родов войск и вооруженных сил в целом.

Используя физическую аналогию, боевой потенциал будем определять относительно внешней среды, т. е. противника, с которым возможно военное столкновение.

По характеру и масштабу решаемых боевых задач все ВФ можно разделить на шесть типовых классов [11].

ТВФ-0. Элементарные воинские формирования рода войск, оснащенные одним образцом ВВТ и способные выполнять одну тактико-огневую задачу (задачу обеспечения), функционально определенную предназначением ВВТ. К ТВФ-0 относятся боевые расчеты (экипажи), спешенные мотострелковые отделения (отделения морской пехоты, ВДВ) и им равные. Таким образом, образец ВВТ с экипажем (боевым расчетом) представляет собой типовое воинское формирование (боевую единицу) ТВФ-0.

ТВФ-1. Тактические подразделения (взвод, рота, батарея, звено) рода войск, оснащенные однородным вооружением и техникой и способные выполнять несколько тактико-огневых задач, (задач обеспечения) функционально определенных предназначением ВВТ.

В составе ТВФ-1 наряду с боевыми расчетами, экипажами, отделениями могут находиться расчеты, экипажи и отделения, т. е. воинские формирования типа ТВФ-0, обеспечивающие действия боевых подразделений. К ним относятся расчеты пунктов управления, отделения связи, отделения авианаводчиков и др.

ТВФ-2. Тактические подразделения рода войск (батальон, дивизион, эскадрилья), специальных войск, тыла и технического обеспечения, состоящие из нескольких ТВФ-1, способные выполнять одну тактическую задачу. В составе ТВФ-2 могут находиться обеспечивающие подразделения типа ТВФ-1.

ТВФ-3. Тактические подразделения рода войск (полк, бригада, авиабаза), специальных войск, тыла и технического обеспечения, состоящие из нескольких подразделений типа ТВФ-2 и ТВФ-1 и способные выполнять несколько тактических задач.

ОВФ – общевойсковое оперативное (оперативно-тактическое) воинское формирование, оперативное (оперативно-тактическое) воинское формирование вида ВС (группировка войск и сил), состоящее из нескольких ТВФ-3, непосредственно подчиненных ТВФ-2 и ТВФ-1, способных выполнять оперативные задачи, а при определенных условиях – готовить и проводить самостоятельные военные действия оперативного (оперативно-тактического) масштаба.

ОСВФ – общевойсковое (межвидовое, объединенное) оперативно-стратегическое воинское формирование ВС (группировка войск и сил), состоящее из нескольких ОВФ, непосредственно подчиненных им ТВФ-3.

ТВФ-2, ТВФ-1, способные готовить и проводить самостоятельные военные действия различной интенсивности на стратегическом направлении (ТВД).

Перечисленные выше классы образуют иерархическую структуру вооруженных сил (рисунок 1). В этой структуре каждый высший класс ВФ включает в себя нижестоящие классы ВФ.

Боевой потенциал элементарного воинского формирования ТВФ-0, представляющий собой комплекс ВВТ с экипажем (расчетом), характеризуется возможностью решения определенной для него боевой задачи. Решение этой задачи сопровождается действием различного рода случайных факторов, поэтому мерой возможности выступает *вероятность* решения боевой задачи W . Эта вероятность зависит от тактико-технических характеристик комплекса ВВТ, уровня боевой подготовки его экипажа (расчета), условий боевого применения. Выполнению боевой задачи противодействует противник, создавая помехи, осуществляя маневрирование и огневое противодействие. Таким образом, боевой потенциал единичного комплекса ВВТ однозначно характеризуется вероятностью выполнения поставленной боевой задачи $P_{ВВТ} = W$. Чем ближе W к единице, тем большим *потенциалом* обладает рассматриваемый комплекс ВВТ.

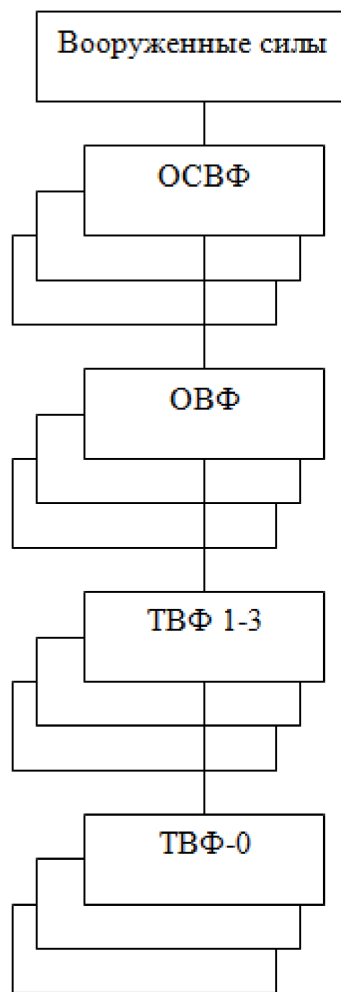


Рисунок 1 – Иерархическая структура вооруженных сил

При сравнении двух комплексов ВВТ, предназначенных для решения одной и той же боевой задачи, более эффективным является комплекс, имеющий более высокий боевой потенциал. Для соизмерения боевых потенциалов используется коэффициент боевого потенциала, численно равный отношению боевых потенциалов сравниваемых комплексов [11, 14, 18]:

$$K_{\text{ВВТ}} = \frac{P_{\text{ВВТ}1}}{P_{\text{ВВТ}2}} = \frac{W_1}{W_2}. \quad (1)$$

Если боевая задача состоит в поражении некоторого комплекса ВВТ противника, который противодействует и стремится также поразить противника с вероятностью W_2 , то количественной оценкой возможности завершения такой дуэли в пользу одной или другой стороны выступает коэффициент боевого потенциала (1). Если $K_{\text{ВВТ}} > 1$, то у первой стороны имеется больше шансов выиграть дуэль, чем у второй.

В практических задачах при оценке боевых возможностей комплексов ВВТ в качестве базы сравнения (эталона) принимается боевой потенциал ВВТ вероятного противника. Именно по отношению к этому эталонному комплексу определяется коэффициент боевого потенциала исследуемого ВВТ.

Вероятности выполнения комплексом ВВТ боевых задач определяются по результатам имитационного моделирования его боевого применения и испытаний в различных условиях. Однако имитационное моделирование и, особенно, натурные испытания требуют значительных затрат времени и материальных ресурсов для получения результата. Поэтому в последнее время активно развиваются квалиметрические методы оценки боевого потенциала ВВТ [19].

При квалиметрическом методе оценивается не собственно боевой потенциал, а коэффициент боевого потенциала комплекса ВВТ путем сравнения его тактико-технических характеристик (ТТХ) с аналогичными характеристиками эталонного комплекса. Далее по определенной методике с участием экспертов рассчитывается коэффициент боевого потенциала комплекса ВВТ как свертка ТТХ в агрегированный показатель. Примером такой свертки является мультипликация следующего вида [13, 14, 20]:

$$K_{ВВТ} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{x_i^э} \right)^{\alpha_i}, \quad (2)$$

где $x_i, x_i^э$ – ТТХ исследуемого и эталонного образца ВВТ;

$0 < \alpha_i < 1, \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ – весовые коэффициенты ТТХ, задаваемые экспертами.

Исследования такой свертки показывают, что она сохраняет порядок предпочтения, заданный на множестве ТТХ образцов при рациональном выборе весовых коэффициентов.

В работах [14, 17] рассмотрена агрегированная аналитическая модель противоборства группировок войск для оценки их боевых потенциалов. В качестве типового объекта моделирования рассматривается воинское формирование ТВФ-3, имеющее в своем составе все основные функциональные элементы:

- боевые подсистемы, обеспечивающие непосредственное поражение объектов противника с применением ударных средств (УС);
- подсистемы боевого управления (БУ), осуществляющие управление применением УС;
- подсистемы материально-технического обеспечения (МТО) группировки.

Высшие уровни войсковых группировок (ОВФ, ОСВФ) принципиально отличаются только масштабом решаемых задач, типажом и численностью входящих в них элементов и уровнем их взаимодействия. В более мелких воинских формированиях (ТВФ-2, ТВФ-1, ТВФ-0) могут отсутствовать некоторые функциональные элементы, например, автономные подсистемы МТО.

Боевые подсистемы являются основой боевой мощи войсковых группировок. Объектами действия боевых подсистем выступают все компоненты группировки противника. Для решения задач поражения объектов противника они оснащаются ударными средствами огневого, радиоэлектронного, химического и других видов воздействия.

Ключевыми характеристиками УС являются их типаж m и численность $N_{УС_i}, (i = \overline{1, m})$, интенсивность стрельбы λ_i и вероятность поражения W_{ij} одним выстрелом (залпом) соответствующего объекта противника. Распределение УС по объектам действия осуществляется согласно матрицам целераспределения противоборствующих сторон А и В:

$$Y^A = (y_{ij}^A)_{m^A \times h^B}; \quad Y^B = (y_{ij}^B)_{m^B \times h^A},$$

где $0 < y_{ij}^A < 1; \sum_{j=1}^{h^B} y_{ij}^A = 1; 0 < y_{ij}^B < 1; \sum_{j=1}^{h^A} y_{ij}^B = 1$ – параметры целераспределения;

h^A, h^B – общее число возможных объектов поражения (целей) противника.

Подсистема боевого управления осуществляет целеуказание и управление огнем УС по объектам противника. Основными характеристиками ее является численность средств БУ – k и число каналов управления УС – l . При поражении средства БУ, как правило, выводятся из строя все его каналы управления. При потере канала управления, связанные с ним УС также теряют свою боеспособность. Принятые допущения не противоречат принципам и практике применения современных средств боевого управления.

Подсистема МТО включает в себя склады (пункты) с запасами материальных средств и боеприпасами, необходимые транспортные средства и личный состав для их доставки в войска. Основными характеристиками подсистемы МТО являются число r складов (пунктов) размещения материальных средств и их объем M . Общий запас материальных средств в ВФ составляет:

$$M = \sum_{s=1}^r \sum_{i=1}^m M_{si} . \quad (3)$$

Этот запас должен обеспечивать ведение военных действий в течение времени проведения операции $T_{оп}$. От величины запасов, времени проведения операции и численности ударных средств зависит интенсивность действия УС по объектам противника. В общем случае интенсивность действия УС λ определяется следующим выражением:

$$\lambda(t) = \begin{cases} \frac{\bar{M}(t)}{\bar{N}(t)[T_{оп} - t]}, & \bar{M}(t) > 0, \\ 0, & \bar{M}(t) = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где $\bar{M}(t)$, $\bar{N}(t)$ – средние значения текущего запаса материальных средств и численности УС в составе группировки.

Склады (пункты) с запасами материальных средств, транспортные потоки их поставки в войска также являются объектами поражения противоборствующей стороны. Процесс противоборства ВФ можно описать уравнениями динамики средних [12, 14, 17] в соответствии со схемой рисунка 2.

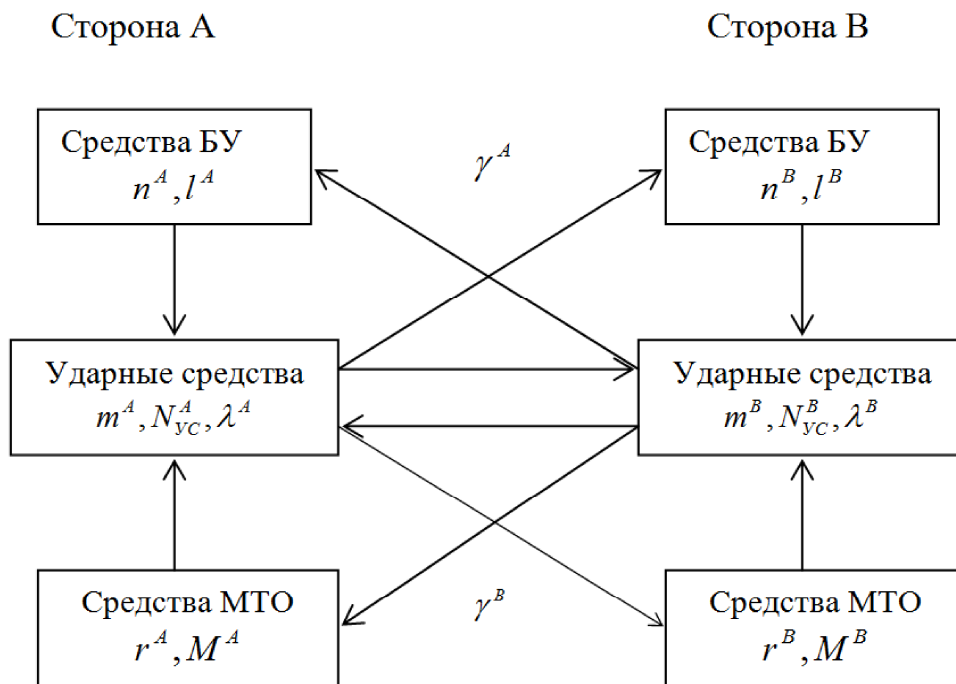


Рисунок 2 – Схема противоборства ВФ

Уравнения динамики противоборства в агрегированном виде имеют вид:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = -\mathbf{B}\mathbf{y}; \quad \mathbf{x}(0) = \mathbf{c}_1; \quad \frac{d\mathbf{y}}{dt} = -\mathbf{A}\mathbf{x}; \quad \mathbf{y}(0) = \mathbf{c}_2, \quad (5)$$

где $\mathbf{A} = (a_{ij})_{m^A \times h^B}$; $\mathbf{B} = (b_{ij})_{m^B \times h^A}$ – положительные прямоугольные матрицы взаимодействия сторон; \mathbf{x} , \mathbf{y} – вектора с неотрицательными компонентами численностей УС, БУ и запасов материальных средств;

x_0, y_0 – начальные значения численностей ВФ.

Используя линейные нормы векторов и матриц $\|x\| = \sum_{i=1}^{m^A} x_i$; $\|y\| = \sum_{i=1}^{m^B} y_i$; $\|A\| = \sum_{i=1}^{m^A} \sum_{j=1}^{h^B} a_{ij}$; $\|B\| = \sum_{j=1}^{h^B} \sum_{i=1}^{m^A} b_{ji}$, систему уравнений (5) с помощью операции нормирования можно привести к системе скалярных уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = -\beta y; \quad x(0) = x_0; \quad \frac{dy}{dt} = -\alpha x; \quad y(0) = y_0, \quad (6)$$

где $x = \sum_{i=1}^{m^A} x_i$; $y = \sum_{i=1}^{m^B} y_i$ – суммарные численности УС противоборствующих ВФ;

$p_i = \frac{x_i}{x}$; $q_j = \frac{y_j}{y}$ – долевые численности разнородных сил группировок;

$\alpha = \sum_{i=1}^{m^A} \sum_{j=1}^{m^B} a_{ij} p_i$; $\beta = \sum_{j=1}^{m^B} \sum_{i=1}^{m^A} b_{ji} q_j$ – агрегированные параметры эффективности действия сторон.

Решение агрегированной системы уравнений (6) позволяет определить текущие значения характеристик $x(t), y(t)$. Для определенного шага интегрирования:

$$\Delta t \leq \frac{\varepsilon}{\min\{\alpha, \beta\}} \quad (7)$$

решения систем уравнений (5), (6) по линейной норме не превышают заданной величины погрешности ε .

Боевые потенциалы противоборствующих сторон численно равны суммарному ущербу, нанесенному противнику за время Δt :

$$P_A = \Delta t \|Ax\| = \alpha x \Delta t; \quad P_B = \Delta t \|By\| = \beta y \Delta t. \quad (8)$$

Коэффициент боевых потенциалов противоборствующих сторон определяется отношением боевых потенциалов или численностей суммарного ущерба:

$$K_p = \frac{P_A(t)}{P_B(t)} = \mu K_c(t), \quad (9)$$

где $\mu = \frac{\alpha}{\beta}$ – соотношение агрегированных показателей эффективности действия сторон;

$K_c = \frac{x(t)}{y(t)}$ – количественное соотношение численностей УС противоборствующих сторон в текущий момент времени.

Использование в качестве агрегированных параметров модели показателей боевого потенциала позволяет исходную модель противоборства (5) представить в виде системы уравнений для боевых потенциалов группировок:

$$\frac{dP_A}{dt} = -\alpha^* P_B; \quad \frac{dP_B}{dt} = -\beta^* P_A \quad (10)$$

с соответствующими начальными условиями $P_A(0); P_B(0)$,

где $\alpha^* = \frac{\|AP_B\|}{\|P_B\|}$; $\beta^* = \frac{\|BP_A\|}{\|P_A\|}$ – агрегированные параметры эффективности действия сторон,

выраженные в боевых потенциалах противоборствующих группировок.

Система уравнений (10) дает эквивалентное решение исходной задачи в пространстве боевых потенциалов.

Таким образом, зная боевые потенциалы типовых ТВФ и структуру высших воинских формирований (ОВФ, ОСВФ, ВС) можно с помощью системы уравнений (10) получить требуемые начальные значения их боевых потенциалов, а следовательно, их структуру и численность относительно вероятного противника.

Для решения этой сложной задачи необходимо иметь единую систему исходных данных (ЕСИД) по образцам ВВТ, средствам боевого управления и МТО, характеристикам их эффективности как для отечественных ВС, так и ВС вероятного противника. Формирование такой ЕСИД для решения задач военного планирования является самостоятельной научной проблемой.

В качестве демонстрации рассмотренного методологического подхода рассмотрим следующий пример.

Пример 1. Исходные данные по ВФ противоборствующих сторон приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица целераспределения УС воинских формирований по объектам действия

Объекты действия	Сторона А			Сторона В		
	Численность	Целераспределение	Вероятность поражения	Численность	Целераспределение	Вероятность поражения
УС	55	0,5	0,3	50	0,6	0,3
Средства БУ	8	0,2	0,2	10	0,3	0,2
Пункты МТО	5	0,3	0,2	8	0,1	0,2
Общий запас СП	240			240		

Из таблицы 1 видно, что группировки имеют примерно одинаковую численность УС и эффективность их применения, схожие системы боевого управления и МТО, одинаковый запас средств поражения (СП). Различие состоит в стратегии огневого поражения объектов противника. Сторона А основной упор делает на поражение УС (50%) и пунктов МТО (30%), а сторона В – на поражение УС (60%) и средств БУ (30%).

Объем запаса СП обеспечивает непрерывное ведение военных действий в течение $T_{on}=16$ час. Интенсивность действия УС рассчитывается из заданного запаса СП и продолжительности военных действий по формуле (4). В качестве расчетного интервала принят $\Delta t=1$ час.

Моделирование противоборства производилось в рамках агрегированной модели. Результаты численного моделирования приведены на рисунках 3, 4, 5.

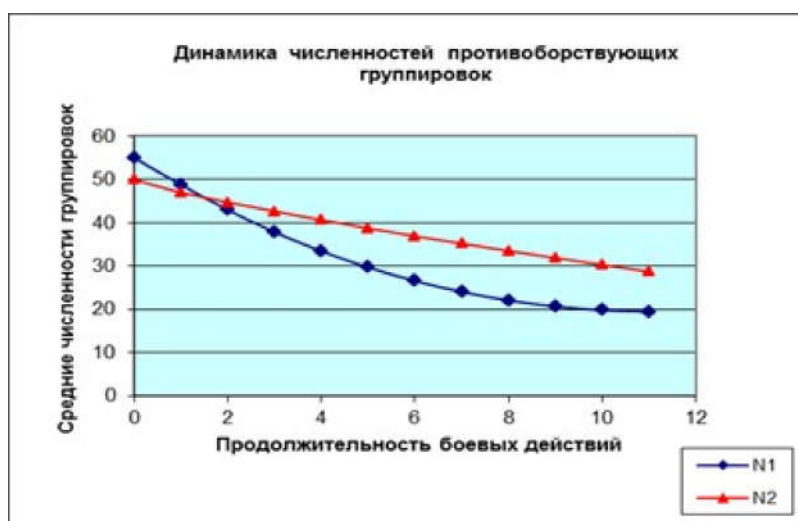


Рисунок 3 – Динамика средних численностей противоборствующих группировок

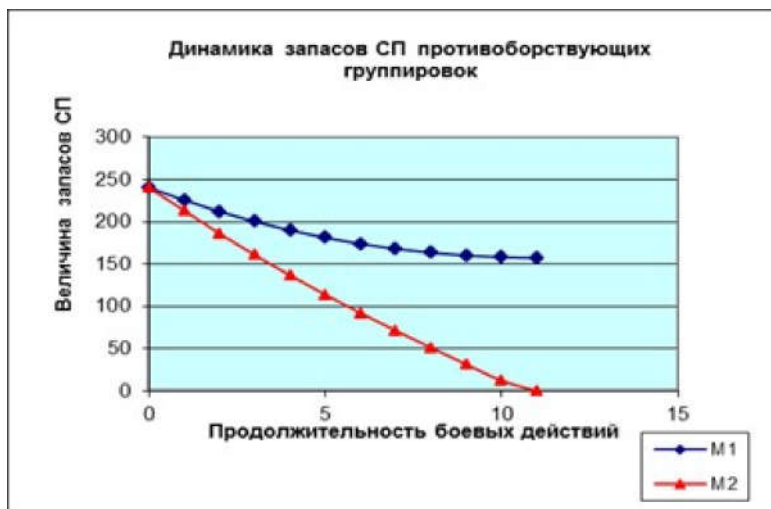


Рисунок 4 – Динамика запасов СП противоборствующих группировок

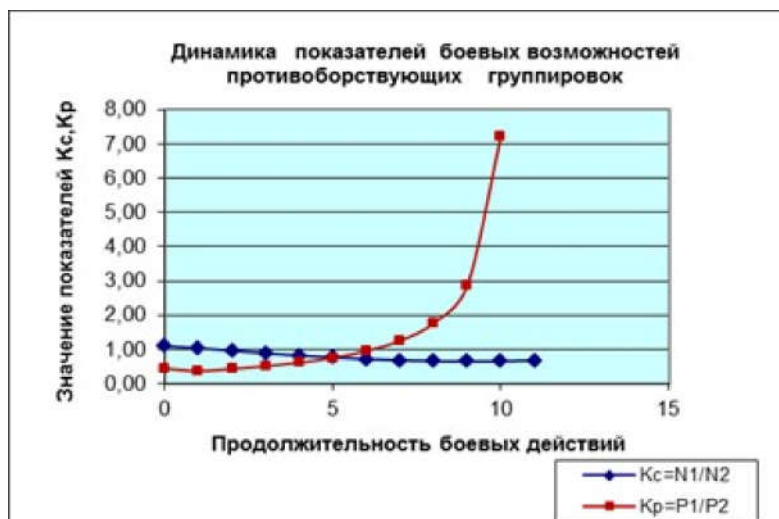


Рисунок 5 – Динамика показателей боевых возможностей противоборствующих группировок

Как видно из рисунка 4, при выбранной стратегии огневого поражения запасы СП стороны В за время боевых действий $t=11$ час. полностью расходуются. Поэтому сторона В хотя и имеет большую численность УС, но оказывается к окончанию боевых действий не боеспособной. Сторона А в этом случае одерживает безусловную победу над противником.

Картина кардинально меняется, если сторона В применяет иное целераспределение своих УС: 50% действуют по УС, 30% – по средствам БУ, 20% – по пунктам МТО. В этом случае запасы СП у стороны В сохраняются вплоть до расчетного момента времени $T_{on}=16$ час. и в среднем превышают запасы стороны А (рисунок 6).

Численность группировки В почти на порядок превышает численность стороны А (рисунок 7), что обеспечивает ей полный разгром противника.

Причина такого резкого изменения результатов противоборства состоит в том, что сторона А изначально имеет меньшее число средств БУ и пунктов хранения запасов СП, что обеспечивает их большую уязвимость по сравнению со стороной В при одинаковой эффективности действия УС. Кроме того, эффективность поражения средств БУ стороны А в 1,5 раза выше, чем у стороны В. Все это приводит к тому, что темп выбития средств БУ и пунктов МТО у стороны А в ходе боевых действий выше, чем у стороны В (рисунки 8, 9).

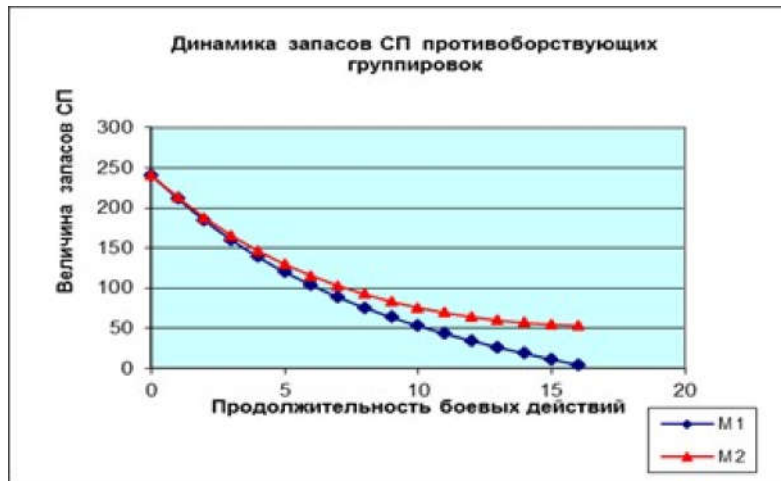


Рисунок 6 – Динамика запасов СП противоборствующих группировок

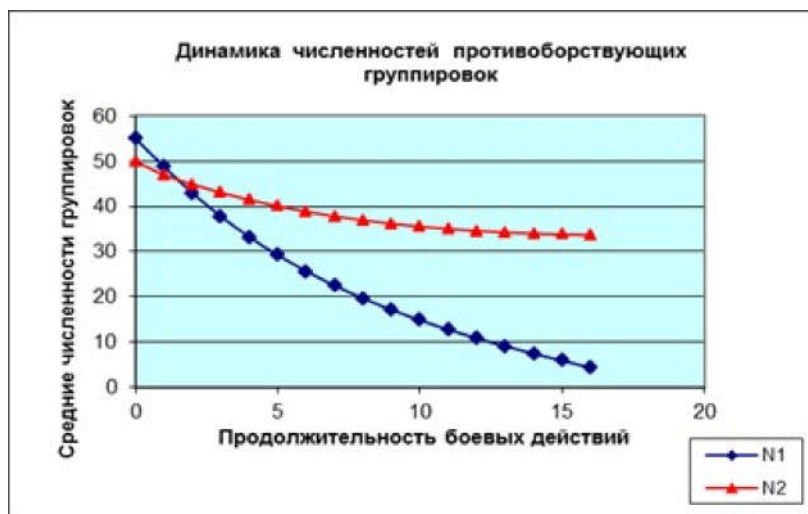


Рисунок 7 – Динамика средних численностей противоборствующих группировок

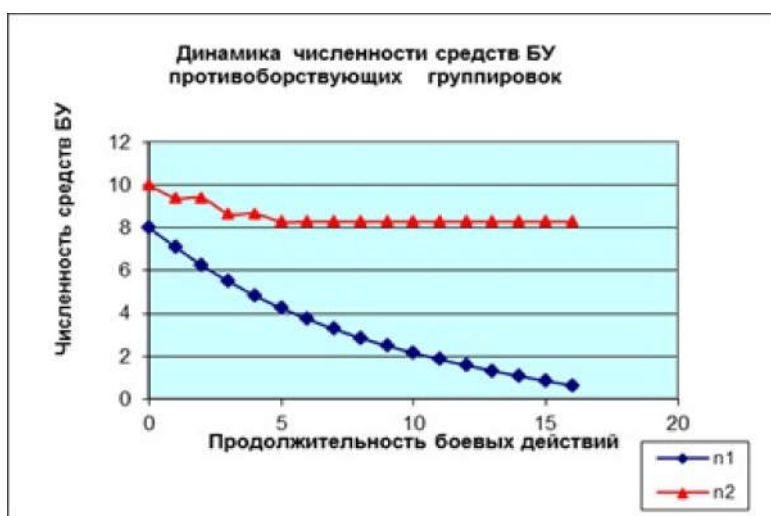


Рисунок 8 – Динамика средней численности средств БУ противоборствующих группировок

Исследования агрегированной модели показывают, что она обладает достаточно высокой чувствительностью к изменению параметров противоборства группировок (их численности, це-

лераспределения и интенсивности огневых воздействий, эффективности поражения объектов и др.), что позволяет использовать ее для сравнительного анализа и оптимизации боевых возможностей группировок различного масштаба в различных сценариях военного противоборства.

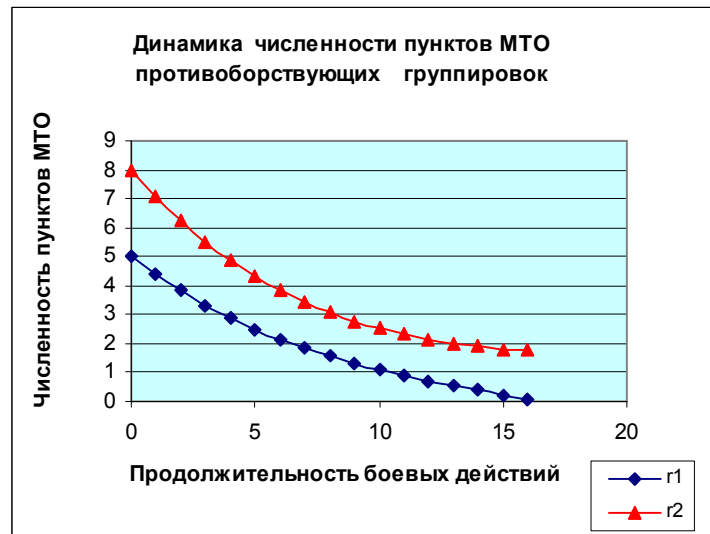


Рисунок 9 – Динамика средней численности пунктов МТО противоборствующих группировок

Построение агрегированной модели для крупномасштабных военных систем типа ОВФ, ОСВФ потребует дальнейшей структурной детализации их функциональных подсистем. Например, разделение УС по сферам их применения, расширение перечня поражаемых объектов военной и гражданской инфраструктуры, большая детализация системы военного управления и МТО группировок войск. В этом случае размерность агрегированной модели будет увеличиваться, но в значительно меньшей степени, чем при традиционном подходе к моделированию.

В заключение данного параграфа отметим, что численность УС в составе ВФ является определяющей характеристикой его боевого потенциала. Однако для применения УС, как правило, необходимы и обеспечивающие средства (транспортные машины, подъемные и заряжающие механизмы, средства разведки, связи и управления, средства технического обслуживания, инженерные средства и др.). Поэтому общая численность ВВТ $N_{ВВТ}$ в составе ВФ равна сумме численности ударных средств $N_{УС}$ и связанных с ними средств обеспечения $N_{ОС}$:

$$N_{ВВТ} = N_{УС} + N_{ОС}.$$

Доля ударных средств в общей численности ВВТ, может служить показателем их автономности:

$$\eta_{УС} = \frac{N_{УС}}{N_{ВВТ}}. \tag{11}$$

Для каждого УС требуется определенный расчет (экипаж), а для средств обеспечения подразделения – соответствующее количество специалистов. Поэтому численности ВВТ и личного состава ВФ связаны между собой и зависят от уровня технического совершенства ВВТ.

Обозначим $L_{БР}$ – численность боевого расчета (экипажа) ТВФ-0, а $L_{ОС}$ – численность специалистов, необходимых для эксплуатации и применения средств обеспечения. Тогда численность личного состава тактического ВФ составит:

$$L_{ЛС} = N_{УС} L_{БР} + L_{ОС}.$$

В зависимости от уровня совершенства обеспечивающих средств изменяется численность потребного для их эксплуатации личного состава. Показателем, характеризующим уровень *тех-*

нического совершенства УС, может служить количество личного состава, необходимого для эксплуатации и применения одного боевого средства:

$$\vartheta_{УС} = \frac{L_{ЛС}}{N_{УС}}. \quad (12)$$

Чем меньше значение этого показателя, тем технически более совершенным является боевое средство. Минимальное значение этого показателя $\vartheta_{УС}=1$ достигается при отсутствии дополнительных средств обеспечения и требуемого для них личного состава ($N_{ОС}=0$; $L_{ОС}=0$), а также при численности расчета $L_{БР}=1$ на все ударные средства. Это означает, что УС обладает наивысшим уровнем технического совершенства. Примером такого рода являются робототехнические средства, управляемые дистанционно одним оператором.

Величина, обратная $\vartheta_{УС}$, при заданной численности ВФ характеризует уровень его *оснащенности* ударными средствами:

$$V_{ВФ} = \frac{1}{\vartheta_{УС}} = \frac{N_{УС}}{L_{ЛС}}. \quad (13)$$

Таким образом, для того, чтобы ВФ имело соответствующий потенциал для решения боевых задач, необходимо наличие определенного количества УС с требуемыми военно-техническими характеристиками, а также личного состава, обеспечивающего его применение. Численность ВВТ и личного состава воинских формирований ВС определяют потребные военные расходы, составляющие предмет рассмотрения следующего параграфа.

2. Военные расходы, потребные для обеспечения боевого потенциала вооруженных сил

Для достижения определенного уровня боевого потенциала ВС необходимо затратить финансовые и материальные ресурсы для оснащения их ВВТ и военным имуществом, создания определенной инфраструктуры, необходимой для обеспечения жизнедеятельности и боевой подготовки личного состава.

Вся совокупность расходов на оснащение и содержание ВС в течение расчетного года составляет военный бюджет ВС, который является частью государственного (федерального) бюджета. Доля военных расходов зависит от многих факторов, основными из которых являются [1, 3, 4]:

- состояние военной безопасности страны;
- наличие демографических и экономических возможностей страны;
- географические особенности страны.

В таблице 1 приведены данные по военным расходам наиболее развитых в военном и экономическом отношении стран блока НАТО [1]. Военные расходы в значительной степени зависят от наличия у стран стратегического ядерного оружия. В таблице 2 приведены данные об уровне расходов на оборону основных стран «ядерного клуба» в 2012 году [2].

Из таблицы 3 видно, что расходы на оборону составляют от 2% до 5% ВВП. При этом доля военного бюджета в бюджете государства может составлять от 15% до 25% [3].

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 остальные – текущие расходы.

Таблица 2 – Военные расходы стран блока НАТО

Основные расходные статьи	Объемы расходов (млрд долл.)						
	США	Англия	ФРГ	Франция	Италия	Турция	Всего НАТО
Расходы на национальную оборону	370,4	43	26,8	45	22,4	11,6	567,9
Текущие расходы							
Обеспечение в/с	95,7	12,4	8,5	12,7	11,5	3,3	161,9
Обеспечение г/п	46,3	4,2	5,2	3,0	1,4	0,8	65,6
Боевая подготовка и МТО	91,9	5,4	5,9	3,0	4,4	2,0	124,0
Всего	233,9	22,0	19,6	19,0	17,3	6,0	352,0
% от общих расходов	63,1	51,2	73,1	42,4	77,2	55,2	61,9
Инвестиционные расходы							
Закупки и ремонт ВВТ	67,9	15,2	4,5	9,3	3,3	4,0	113,6
НИОКР	56,2	4,3	1,1	3,9	0,4	–	66,4
Капитальное строительство	6,0	1,3	–	1,9	0,3	0,2	11,2
Прочие расходы	6,7	0,3	0,8	10,7	1,1	1,0	24,4
Всего	136,8	21,1	6,4	25,8	5,1	5,2	215,6
% от общих расходов	36,9	49,1	23,9	57,3	22,8	44,8	38,1

Таблица 3 – Расходы на оборону стран «ядерного клуба»

Страна	Население, млн чел.	ВВП, млрд долл.	Площадь, млн кв. км	ВНД на душу населения, тыс. долл.	Расходы на оборону в 2011 году, млрд долл.	Процент расходов на оборону от ВВП
Россия	143,26	1857,770	17,08	9,90	51,530	2,8%
США	315,07	15 094,000	9,37	47,39	731,879	4,8%
Великобритания	62,99	2431,589	0,244	38,37	63,567	2,6%
Франция	63,47	2773,032	0,547	42,39	53,44	1,9%
КНР	1355,5	7928,1	9,597	4,27	91,5	1,3%

Военный бюджет $C_{ВБ}$ можно представить в виде суммы четырех составляющих: расходы на создание военной инфраструктуры $C_{ВИ}$, закупку и содержание ВВТ $C_{ВВТ}$, расходы на содержание личного состава $C_{ЛС}$ и расходы на боевую подготовку и МТО войск $C_{БП}$.

В военно-экономическом анализе [2, 3, 4, 20, 21] принимается допущение о пропорциональной зависимости этих расходов от численности ВВТ и личного состава. Так, например, расходы на создание и поддержание военной инфраструктуры (жилые городки, казармы, технические парки, технические позиции, склады, хранилища и пр.) принимаются пропорциональными численности ВВТ и личного состава ВФ. Аналогичное допущение можно принять также для расходов на боевую подготовку войск. С учетом этих допущений выражение для годового военного бюджета можно представить в следующем виде:

$$C_{ВБ} = C_{ВИ} + C_{ВВТ} + C_{ЛС} + C_{БП} = c_N N_{ВВТ} + c_L L_{ЛС}, \quad (14)$$

где c_N – средняя стоимость затрат на закупку и содержание одной единицы ВВТ;

c_L – средняя стоимость затрат на содержание и боевую подготовку одного военнослужащего, которые в свою очередь зависят от военно-технического уровня ВВТ, уровня технической оснащенности инфраструктуры войск, материально-технического обеспечения личного ВФ.

Выражение (14) с помощью переменных $N_{ВВТ}$, $\eta_{УС}$, $L_{ЛС}$ связывает боевой потенциал ВС с военным бюджетом. Увеличение боевого потенциала вооруженных сил с необходимостью требует увеличения военных расходов на его обеспечение. Эта зависимость нелинейная и определяется рассмотренной выше системой уравнений (1)...(14).

Далее рассмотрим прямую и обратную задачи планирования, связанную с определением ключевых параметров ВС – численности ВВТ и потребного личного состава для обеспечения требуемого боевого потенциала или при заданных военных расходах.

3. Прямая и обратная задачи военного планирования

Для решения этих задач приведем полученные выше зависимости, связывающие боевые возможности ВС и расходы на их обеспечение к удобному для расчетов виду. В соответствии с выражением (8) боевой потенциал воинского формирования начиная с ТФВ-3 можно представить в виде:

$$P_{ВФ} = \Delta t \sum_{i=1}^m \alpha_i N_{УС_i} = \sum_{i=1}^m P_{УС_i} N_{УС_i}, \quad (15)$$

где m – число типов БС, необходимых для оснащения данного воинского формирования;

$N_{УС_i}$ – численность УС i -го типа;

$\alpha_i = \sum_{j=1}^h a_{ij}$ – интенсивность поражения объектов противника одним УС i -го типа;

$P_{УС_i} = \Delta t \alpha_i$ – показатель боевого потенциала УС i -го типа;

Δt – расчетный интервал времени.

Для дальнейших рассуждений расчетный интервал времени принимается единичным ($\Delta t = 1$).

Стоимость годовых расходов на оснащение воинского формирования ВВТ и обеспечения его функционирования представим в виде суммы затрат на закупку и содержание ВВТ, содержание и боевую подготовку личного состава:

$$C_{ТВФ} = \sum_{i=1}^m (c_{N_i} N_{ВВТ_i} + c_{L_i} L_{ЛС_i}) = \sum_{i=1}^m C_{ВФ_i}, \quad (16)$$

где $C_{ВФ_i} = c_{N_i} N_{ВВТ_i} + c_{L_i} L_{ЛС_i}$ – годовые расходы на закупку и содержание ВВТ, содержание и боевую подготовку личного состава ВФ, оснащенных определенной номенклатурой ВВТ.

Для упрощения дальнейших выкладок введем относительные переменные $x_{N_i} = \frac{N_{УС_i}}{N_{УС_i}^{\exists}}$,

$x_{L_i} = \frac{L_{ЛС_i}}{L_{ЛС_i}^{\exists}}$, характеризующие численности ВВТ и личного состава относительно эталонного ВФ, и

выразим через них боевой потенциал ВФ и стоимость военных расходов с учетом связи переменных x_N , x_L (12). В результате получаем систему уравнений, связывающую боевой потенциал ВФ со стоимостью расходов на его обеспечение:

$$P_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} P_{УС_i} x_{N_i}; \quad C_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} \left(\frac{c_{N_i}}{\eta_{УС_i}} + c_{L_i} \vartheta_{УС_i} \right) x_{N_i}, \quad (17)$$

где $\mathbf{x}_N = (x_{N_i})_{m \times 1}$ – неотрицательный вектор численностей разнотипных УС в воинском формировании.

3.1. Прямая задача. Требуется определить минимально необходимый уровень расходов для обеспечения требуемого боевого потенциала ВФ $P_{ВФ}^{TP}$:

$$C_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} \left(\frac{c_{N_i}}{\eta_{УС_i}} + c_{L_i} \vartheta_{УС_i} \right) x_{N_i} \rightarrow \min_{x_N}; \quad P_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} P_{УС_i} x_{N_i} \geq P_{ВФ}^{TP}. \quad (18)$$

Сформулированная задача линейного программирования имеет только одно общее ограничение, и, следовательно, имеет не единственное решение. Для численного решения задачи (18) используем аналог метода градиента.

Рассмотрим отношение стоимости расходов $C_{ВФ_i}$ на достижение боевого потенциала ВФ к величине боевого потенциала $P_{ВФ_i}$ при оснащении его i -м типом УС:

$$g_i = \frac{C_{ВФ_i}}{P_{ВФ_i}} = \frac{\left(\frac{c_{N_i}}{\eta_{УС_i}} + c_{L_i} \vartheta_{УС_i} \right)}{P_{УС_i}}. \quad (19)$$

Показатель g_i характеризует удельные затраты на достижение единицы боевого потенциала ВФ и имеет смысл градиента функции затрат $C_{ВФ}(\mathbf{x}_N)$ по боевому потенциалу $P_{ВФ}(\mathbf{x}_N)$. В этом случае решение системы уравнений (18) можно получить при использовании следующего численного алгоритма:

$$x_{N_i}(k) = x_{N_i}(k-1) + \frac{\varepsilon(k)}{g_i}, \quad (i = \overline{1, m}), \quad (20)$$

где $\varepsilon(k)$ – величина k -го шага.

На каждом шаге происходит увеличение численности компоненты ВФ обратно пропорционально удельным затратам на достижение единицы боевого потенциала.

Останов алгоритма осуществляется при достижении равенства $P_{ВФ}(x_N) = P_{ВФ}^P$.

3.2. Обратная задача. Требуется найти максимальное значение боевого потенциала ВФ при заданном уровне расходов:

$$P_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} P_{УС_i} x_{N_i} \rightarrow \max_{x_N}; \quad C_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} \left(\frac{c_{N_i}}{\eta_{УС_i}} + c_{L_i} \vartheta_{УС_i} \right) x_{N_i} \leq C_{ВФ}^{3AD}. \quad (21)$$

Решение обратной задачи осуществляется также по алгоритму (20), а останов производится при достижении равенства $C_{ВФ}(x_N) = C_{ВФ}^{3AD}$.

Рассмотрим примеры решения прямой задачи военного планирования.

Пример 2. Известны данные по численности авиационной базы НАТО: $N_{УС}^{\exists} = 70$ ед., $N_{ЛС}^{\exists} = 1400$ ед. Уровень автономности боевых авиационных комплексов НАТО характеризуется показателем $\eta_{УС}^{\exists} = 0,5$, коэффициент их технического совершенства составляет $\vartheta_{УС}^{\exists} = 20$. Годовые затраты на содержание и обеспечение технической эксплуатации единицы авиационной техники и боевой подготовки одного специалиста характеризуются показателями: $c_N = 0,438$ у.е.; $c_L = 0,639$ у.е. Годовые затраты на содержание авиационной базы НАТО в целом составляют $C_{ВФ}^{\exists} = 956$ у.е.

Требуется определить численность авиационной базы X для обеспечения коэффициента боевого потенциала $K_{ВФ} = 1,0$ при известных параметрах авиационной техники $\eta_{УС} = 0,35$; $\vartheta_{УС} = 15$ и затратах на ее содержание, техническую эксплуатацию и боевую подготовку личного

состава $c_N=0,322$ у.е.; $c_L=0,440$ у.е. Коэффициент боевого потенциала авиационных комплексов авиабазы X составляет $K_{ВВТ} = \frac{P_{УС}}{P_{УС}^э} = 1,2$.

Решение. Для однородного ВФ из равенства:

$$P_{ВФ}(x_N) = N_{УС}^э P_{УС} x_N = P_{ВФ}^э = N_{УС}^э P_{УС}^э$$

следует $x_N = \frac{1}{K_{ВВТ}} = \frac{1}{1,2} = 0,83$, т. е. численность авиационных комплексов базы X должна составлять $N_{УС} = \frac{70}{1,2} = 58$ ед.

Для их технического обеспечения потребуется следующее количество средств технического обеспечения:

$$N_{УС}^э = N_{УС} \left(\frac{1}{\eta_{УС}} - 1 \right) = 58 \cdot 2,05 = 108 \text{ ед.}$$

Общая численность ВВТ в составе базы X будет равна $N_{ВВТ} = N_{УС} + N_{ОС} = 166$ ед. Общая численность личного состава базы составит $L_{ЛС} = N_{УС} \cdot \vartheta_{УС} = 58 \cdot 15 = 875$ чел. Годовые затраты на содержание авиабазы X составят $C_{ВФ} = 403,8$ у.е.

Пример 3. Пусть в составе авиационной базы НАТО находится два типа авиационной техники. Данные по техническим и стоимостным параметрам авиационной техники, и расходам базы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные по техническим и стоимостным параметрам авиационной техники, и расходам базы

Тип авиационной техники	1	2	Всего
Численность УС авиабазы НАТО	50	25	75
Численность ЛС авиабазы	900	500	1400
Численность ОС авиабазы	50	25	75
Стоимость содержания единицы эталонного УС	0,338	0,458	
Стоимость содержания единицы эталонного ОС	0,120	0,120	
Стоимость содержания единицы ЛС авиабазы	0,639	0,639	
Стоимость содержания авиабазы, млн у.е.	661,9	330,6	992,5
Боевой потенциал авиабазы	1,0	1,0	1,0
Уровень автономности УС X	0,4	0,3	
Уровень технического совершенства УС X	23	23	
Боевой потенциал УС X	0,8	0,9	
Стоимость содержания единицы УС	0,322	0,349	
Стоимость содержания единицы ОС	0,080	0,080	
Стоимость содержания единицы ЛС авиабазы	0,438	0,438	
Численность УС авиабазы X, ед.	56	26	82
Численность личного состава авиабазы X, чел.	1282	593	1876
Стоимость содержания авиабазы X, млн у.е.	580	325	905

Требуется определить оптимальную численность авиабазы X, при которой достигается паритет ее боевого потенциала ($K_{ВФ} = 1,0$) по отношению к авиабазе НАТО.

Решение. По данным таблицы рассчитываем показатели автономности и технического совершенства УС авиабазы НАТО:

$$\eta_{УС1}^э = \frac{N_{УС1}^э}{N_{ВВТ1}^э} = \frac{50}{50+50} = 0,5; \quad \eta_{УС2}^э = \frac{N_{УС2}^э}{N_{ВВТ2}^э} = \frac{25}{25+25} = 0,5;$$

$$g_{yc1}^{\varepsilon} = \frac{L_{yc1}^{\varepsilon}}{N_{yc1}^{\varepsilon}} = \frac{900}{50} = 18; \quad g_{yc2}^{\varepsilon} = \frac{L_{yc2}^{\varepsilon}}{N_{yc2}^{\varepsilon}} = \frac{500}{25} = 20.$$

Далее рассчитываем показатели g_1 , g_2 по формуле (19):

$$g_1 = 574,8 \text{ у.е.}; \quad g_2 = 321,7 \text{ у.е.}$$

и пошаговое изменение численности БС по алгоритму (20) для достижения $P_{вф}(x_M) \geq 1$. В результате получаем следующие численности БС для авиабазы X:

$$N_{yc1} = 56 \text{ ед.}; \quad N_{yc2} = 26 \text{ ед.}$$

Далее определяем необходимое число обеспечивающих средств:

$$N_{oc1} = N_{yc1} \left(\frac{1}{\eta_{yc1}} - 1 \right) = 56 \cdot 1,5 = 84 \text{ ед.}; \quad N_{oc2} = N_{yc2} \left(\frac{1}{\eta_{yc2}} - 1 \right) = 26 \cdot 1,9 = 48 \text{ ед.}$$

и личного состава в подразделениях:

$$L_{yc1} = g_{yc1} N_{yc1} = 23 \cdot 56 = 1282 \text{ чел.}; \quad L_{yc2} = g_{yc2} N_{yc2} = 23 \cdot 26 = 593 \text{ чел.}$$

Окончательно получаем численность УС авиабазы X:

$$N_{yc} = 82 \text{ ед.}; \quad L_{yc} = 1876 \text{ чел.}$$

Боевой потенциал авиабазы X по отношению к авиабазе НАТО составляет $P_{вф} = 1,01$, а стоимость ее годового содержания $C_{вф} = 905$ у.е.

Заключение

Рассмотренный методологический подход и методический аппарат для его реализации позволяют оценивать боевой потенциал ВФ различного уровня и потребные военные расходы на его обеспечение, тем самым реализуя системную концепцию анализа и синтеза больших военных систем по критерию «эффект-затраты». Разработанный методический аппарат может быть использован в задачах программно-целевого планирования развития системы вооружения с учетом требований по военным расходам и достигаемому боевому потенциалу ВС.

Список использованных источников

1. Военный бюджет государства. Методы обоснования и анализа / Под общ. ред. Г.С. Олейника. – М.: Военное издательство, 2000. – 359 с.
2. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюция взглядов на проблемы, методы, решения. – М.: Граница, 2013. – 608 с.
3. Воробьев В.В. Финансово-экономическое обеспечение оборонной безопасности России: проблемы и пути решения. – СПб.: СПбГЭиФ, 2003. – 414 с.
4. Останков В.И. Методология военно-экономического обоснования перспективного облика Вооруженных сил Российской Федерации. – М.: ВАГШ, 2013. – 359 с.
5. Чернавский Д.С., Малков С.Ю., Старков Н.И., Коссе Ю.В. Оборонно-промышленный комплекс и развитие экономики России // Стратегическая стабильность. – 2004. – № 1. – С. 37-47.
6. Малков С.Ю., Ковалев В.И., Коссе Ю.В. К вопросу определения оптимальной величины оборонных расходов государства // Стратегическая стабильность. – 2007. – № 2. – С. 67-74.
7. Хрусталев Е.Ю. Концептуальный подход к анализу процессов экономического обеспечения военной безопасности государства // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – № 35.
8. Буравлев А.И. Сколько стоит национальная безопасность: к вопросу о расходах на обеспечение безопасности личности и государства // Вооружение и экономика. – 2015. – № 4 (33).
9. Бабич В.В. О некоторых методологических подходах к определению боевых возможностей войск // Военная мысль. – 2007. – № 3.

10. Нарышкин В.Г. О показателях боевого потенциала воинских формирований // Военная мысль. – 2009. – № 1.
11. Бонин А.С., Горчица Г.И. О боевых потенциалах образцов ВВТ, формирований и соотношения сил группировок сторон // Военная мысль. – 2010. – № 4.
12. Морозов Н.А. Теоретические основы качественного анализа больших военных систем. – М.: 27 ЦНИИ МО РФ, 2003. – 357 с.
13. Брезгин В.С., Буравлев А.И. О методологии оценки боевых потенциалов противоборствующих группировок // Военная мысль. – 2010. – № 8.
14. Брезгин В.С., Буравлев А.И. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники и их применение в задачах программно-целевого планирования / В кн. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. Ч. 1, 2; под ред. В.М. Буренка. – М.: Граница, 2013.
15. Технология имитационного моделирования боевых действий / Под ред. С.В. Ягольников. – Тверь: 2 ЦНИИ Минобороны России, 2009. – 262 с.
16. Горчица Г.И., Ищук В.А. Проблемы моделирования в интересах обоснования военного строительства и планирования развития ВВТ // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2013. – № 3 (78).
17. Буравлев А.И., Горшков П.С. К вопросу о построении агрегированной модели противоборства группировок войск // Вооружение и экономика. – 2017. – № 5 (42).
18. Скопец Г.М. Внешнее проектирование авиационных комплексов: Методологические аспекты. – М.: ЛЕНАНД, 2017. – 344 с.
19. Методика оценки боевых потенциалов вооружения и военной техники и войсковых формирований вооруженных сил Российской Федерации и иностранных государств. – М.: ЦВСИ ГШ ВС РФ, 2009.
20. Методы военно-научных исследований систем вооружения / Под общ. ред. В.М. Буренка. – М.: Граница, 2017. – 512 с.
21. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: Учебник. – М.: Военный университет, 2015. – 350 с.