

А.И.Буравлев, доктор технических наук,
профессор
В.М.Буренок, доктор технических наук,
профессор

Методические основы обоснования количественных параметров вооруженных сил по критерию «эффективность-стоимость»

В статье рассмотрен подход к обоснованию количественных параметров вооруженных сил, основанный на иерархии аналитических моделей для оценки боевых возможностей воинских формирований (ВФ) различного масштаба от отдельного комплекса вооружения и военной техники (ВВТ) до оперативно-стратегического воинского формирования. В качестве показателя боевых возможностей используется боевой потенциал, представляющий собой мультипликативную степенную функцию от численности вооружения и военной техники, личного состава и военной инфраструктуры, и рассчитываемый относительно «эталонного» воинского формирования вероятного противника. Для военно-экономической оценки затрат на создание ВФ используется линейная модель стоимости, учитывающая затраты на создание военной инфраструктуры, закупку и содержание ВВТ, содержание и боевую подготовку личного состава. В рамках предложенных моделей сформулирована прямая и обратная задачи оптимизации структуры и параметров ВФ по критерию «эффективность-стоимость».

1. Методологический подход к оценке боевых возможностей вооруженных сил

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, 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.

Во многих военно-теоретических работах [1, 2, 3, 4, 5] боевой потенциал рассматрива-

ется как обобщенный (интегральный) показатель боевых возможностей вооруженных сил и его воинских формирований (ВФ) различного масштаба, характеризующий способность решать поставленные боевые задачи в различных условиях.

Боевые возможности ВС и воинских формирований различного масштаба 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. Еще К.Клаузевиц в своем фундаментальном труде «О войне» указывал на определяющую роль этих четырех составляющих в успехе военных действий [6].

Численность ВВТ и личного состава ВФ взаимосвязаны и определяются типом и военно-техническим уровнем ВВТ, характером и способами его 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. Правомерность такого подхода обусловлена тем, что любая количественная оценка свойств объектов осуществляется относительно некоторого эталона [7, 8]. Эталон в данном случае выступают образцы ВВТ вероятного противника. Ниже излагается методика оценки военно-технического уровня образцов ВВТ.

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

Непосредственная оценка успешности или не успешности деятельности ВС возможна только в результате военных действий. В мирное время оценка боевых возможностей ВС, их 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 целом требуется разработка системы макромоделей, позволяющих учесть основные факторы, влияющие на эффективность применения группировок войск и интегрально оценивать их боевые возможности.

В настоящее время разработаны и успешно применяются программно-технические комплексы, осуществляющие имитационное моделирование военных действий на различном уровне (тактическом, оперативно-тактическом, оперативно-стратегическом) [9, 10]. Однако для подробного и адекватного моделирования военных действий даже на уровне тактического подразделения (взвода, роты, батареи) с многократным повтором всех ис-

ходов моделируемого процесса требуются огромные затраты времени, информационных и вычислительных ресурсов.

Следует также отметить, что боевой потенциал, определенный с помощью даже самой полной модели, характеризует лишь потенциальные возможности исследуемого воинского формирования. Это вовсе не означает, что в реальных условиях военных действий он будет полностью реализован. Таким образом, боевой потенциал следует рассматривать как предельную характеристику боевых возможностей объекта на множестве различных условий его боевого применения.

Суть предлагаемого ниже подхода состоит в построении иерархии аналитических моделей для оценки боевого потенциала, начиная с отдельного образца ВВТ, затем воинского формирования определенного масштаба вплоть до оперативно-стратегических группировок, видов и родов войск и вооруженных сил в целом. Несмотря на кажущуюся фантастичность этого замысла, мы покажем, что такую систему моделей построить можно.

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

Начнем рассмотрение с модели оценки военно-технического уровня отдельного образца ВВТ.

2. Модель оценки военно-технического уровня образца ВВТ

Как было уже отмечено выше, боевые возможности образцов ВВТ характеризуются его ТТХ. Используя систему уравнений существования образца ВВТ [11, 12] можно выбрать некоторую совокупность независимых характеристик, отражающих функциональные свойства ВВТ. Таковыми характеристиками, например, являются:

- масса образца ВВТ;
- масса и тип боевого снаряжения (боевой части, боевого комплекта, оружия и пр.);

- дальность применения (стрельбы, полета, запас хода);
- штатная (крейсерская) скорость движения (полета);
- маневренность (перегрузка, радиус виража, разворота);
- защищенность (заметность, боевая живучесть);
- надежность и эксплуатационная технологичность.

Данный набор ТТХ является минимально необходимым для обеспечения функциональности образца ВВТ.

Обозначим X_i значение i -й характеристики образца, а $X_i^э$ – значение такой же характеристики для эталонного образца ВВТ. Отношение $\frac{X_i}{X_i^э}$ характеризует военно-технический уровень образца относительно эталона по i -й частной характеристике. С ростом военно-технического уровня увеличиваются и боевые возможности образца ВВТ, при этом разные характеристики дают разный вклад в боевые возможности образца. Это дает основание использовать для оценки боевых возможностей образца ВВТ следующий показатель его военно-технического уровня [13, 14]:

$$P_{ВВТ} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{X_i^э} \right)^{y_i}, \quad (1)$$

где $0 < y_i < 1$; $\sum_{i=1}^n y_i = 1$ – коэффициенты важности частных характеристик, отражающие степень их влияния на боевые возможности образца ВВТ.

Формула (1) определяет среднегеометрическое значение отношений ТТХ исследуемого и эталонного объектов с учетом коэффициентов важности этих характеристик. Мультипликативная форма показателя выбрана постольку, поскольку ни одна частная характеристика не может быть исключена без потери функциональности образца ВВТ.

Коэффициенты важности y_i , ($i = \overline{1, n}$) могут быть определены на основе моделирова-

ния процессов боевого применения образцов ВВТ в типовых условиях, либо с помощью экспертов. В том случае, когда эти коэффициенты определить невозможно, их принимают равнозначными.

Если $P_{ВВТ} > 1$, то это означает, что военно-технический уровень, а значит, и боевые возможности рассматриваемого образца ВВТ в среднем превышают аналогичные показатели эталонного образца. Если $P_{ВВТ} < 1$, то военно-технический уровень образца, соответственно, ниже эталонного. При $P_{ВВТ} = 1$ данный образец имеет равный с эталоном военно-технический уровень.

Таким образом, предлагаемый подход позволяет произвести косвенную оценку боевых возможностей образцов ВВТ без детального моделирования процессов их боевого применения посредством сравнения их ТТХ с эталонными образцами ВВТ.

3. Модель оценки боевого потенциала воинских формирований вооруженных сил

Схема расчета боевого потенциала вооруженных сил представляет собой иерархическую структуру, в которой боевой потенциал вышестоящей группировки определяется как сумма боевых потенциалов входящих в нее частей и подразделений с учетом ее организационной структуры (рисунок 1).

Оценка боевых потенциалов системы вооружения осуществляется «снизу-вверх», начиная с нижнего уровня, представленного различными типами ВВТ, составляющими номенклатуру системы вооружения.

Общий алгоритм оценки боевых потенциалов системы вооружения состоит в следующем.

При известных показателях военно-технического уровня (боевого потенциала) образцов ВВТ, стоящих на снабжении войск, воинские формирования тактического, оперативно-тактического и оперативно-стратегического уровня определяются как линейные свертки боевых потенциалов ВФ нижнего уровня с учетом интегративных возможностей новой структуры.

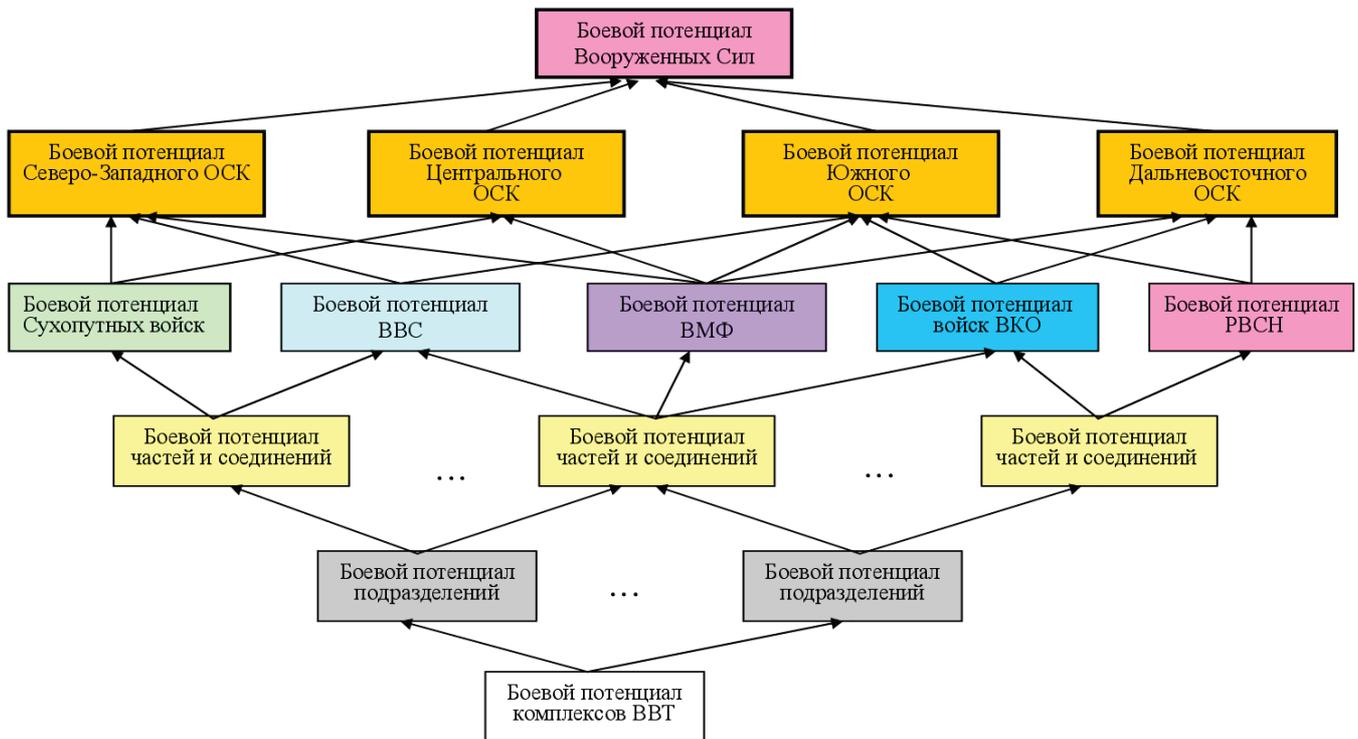


Рисунок 1 – Схема расчета боевого потенциала воинских формирований

По характеру и масштабу решаемых боевых задач все ВФ можно разделить на шесть типов (классов) [16].

ТВФ-0. Элементарные типовые 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 элементарное воинское формирование (боевую единицу) ТВФ-0.

ТВФ-1. Тактические подразделения (взвод, рота) 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, обеспе-

чивающие 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 способных 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 – гото-

вить 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.

Боевой потенциал ТВФ-0, представляющий собой комплекс ВВТ с расчетом (экипажем), определим выражением

$$P_{ТВФ0} = P_{ВВТ} K_p, \quad (2)$$

где K_p – коэффициент, характеризующий уровень боевой подготовки (классность) расчета (экипажа) комплекса.

Так, например, в авиации, для учета влияния классности экипажа авиационного комплекса на эффективность его боевого применения в расчетные методики вводятся коэффициенты, корректирующие нормативные значения характеристик точности прицельно-навигационного комплекса $\sigma_{ПРНК}$. Эти коэффициенты имеют следующие значения:

- для летчика-снайпера – $K_p = 1,2$;
- для летчика I класса – $K_p = 1,0$;
- для летчика II класса – $K_p = 0,8$.

В расчетах при оценке эффективности поражения целей в качестве характеристик точности стрельбы и бомбометания принимаются значения $\frac{\sigma_{ПРНК}}{K_p}$. Таким образом, для летчика – снайпера точность стрельбы и бомбометания повышается, а для летчика II класса – понижается.

Аналогичные коэффициенты могут быть введены и для экипажей (расчетов) комплексов ВВТ различных видов и родов войск.

Боевой потенциал тактических ВФ предлагается оценивать по отношению к подразделению – аналогу, принятому за эталон. Такие подразделения как взвод, рота, ба-

тальон и равные им подразделения (батарея, дивизион, эскадрилья и др.) существуют в структуре вооруженных сил практически всех стран. Это позволит далее оперировать соизмеримыми компонентами и для более масштабных воинских формирований. В качестве эталонов целесообразно рассматривать типовые подразделения и части стран блока НАТО.

Основными факторами, характеризующими боевые возможности ВФ, являются наличие необходимой инфраструктуры, численность ВВТ и личного состава. Как показывает практика, степень влияния номенклатуры и численности ВВТ, и личного состава на боевые возможности подразделений для разных видов и родов войск различная. Так, например, боевые возможности мотострелкового и танкового взвода (роты) существенно различаются, именно в силу отличий боевых средств, находящихся на их вооружении.

Наличие каждого из указанных факторов необходимо для того, чтобы ВФ имело соответствующий потенциал для решения боевых задач. С учетом сказанного боевой потенциал ВФ по отношению к выбранному «эталону» предлагается представлять следующей мультипликативной степенной функцией:

$$P_{ВФ} = \frac{S}{S_{\text{Э}}} \cdot P_{ВВТ} \cdot \left(\frac{M_{ВВТ}}{M_{ВВТ}^{\text{Э}}} \right)^{\beta} \left(\frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^{\text{Э}}} \right)^{1-\beta}, \quad (3)$$

где S – параметр, учитывающий влияние военной инфраструктуры на боевой потенциал ВФ;

$P_{ВВТ}$ – показатель военно-технического уровня ВВТ;

$M_{ВВТ}$ – численность ВВТ в составе ВФ;

$N_{ЛС}$ – численность личного состава ВФ;

$0 < \beta \leq 1$ – показатель, характеризующий степень вклада ВВТ в боевой потенциал ВФ, т. е. показатель эффективности ВВТ;

$M_{ВВТ}^{\text{Э}}, N_{ЛС}^{\text{Э}}$ – численности ВВТ и личного состава «эталонного» ТВФ.

Мультипликативная форма боевого потенциала подчеркивает тот факт, что боевые

возможности ВФ реализуются только при наличии и взаимодействии ВВТ и личного состава в рамках определенной инфраструктуры. При этом эффект этого взаимодействия зависит от организационно-штатной структуры ВФ, военно-технического уровня ВВТ и подготовки личного состава, системы боевого и материально технического обеспечения.

Обращаясь к военной истории, можно заметить, что на каждом этапе развития военного дела и вооруженных сил степень вклада вооружения и личного состава изменялась. Если в эпоху древнего мира и средних веков определяющую роль играла численность людского контингента армий, то с появлением огнестрельного оружия и артиллерии количество и качество вооружений стали приобретать все больший вес в боеспособности войск.

С ростом военно-технического уровня ВВТ их вклад в боевые возможности ВФ стал определяющим. Эту тенденцию вполне отражает зависимость (3), где с увеличением показателя β вклад ВВТ в боевой потенциал увеличивается.

При решении тактико-огневых задач решающую роль играют боевые средства (оружие, боевые системы и комплексы). Однако для их применения, 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 $M_{ВВТ}$ в составе ВФ равна сумме численности боевых средств $M_{БС}$ и связанных с ними средств обеспечения $M_{ОС}$:

$$M_{ВВТ} = M_{БС} + M_{ОС}.$$

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

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

$$N_{ЛС} = M_{БС} N_p + N_{ОС}.$$

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

$$g_{БС} = \frac{N_{ЛС}}{M_{БС}}. \quad (4)$$

Чем меньше показатель $g_{БС}$, тем выше уровень технического совершенства БС. Минимальное значение этого показателя

$g_{БС} = \frac{1}{M_{БС}}$ достигается при отсутствии дополнительных средств обеспечения и требуемого для них личного состава ($M_{ОС} = 0$; $N_{ОС} = 0$), а также при численности расчета $N_p = 1$ на все боевые средства. Это означает, что БС обладает максимально возможным уровнем технического совершенства. Примерами такого рода БС, по-видимому, могут быть перспективные робототехнические боевые системы.

Показатели $M_{ВВТ}$, $N_{ЛС}$ в выражении для боевого потенциала (3) имеют количественное выражение, в то время как параметр инфраструктуры S в большей степени является качественным. Для количественной оценки этого показателя применяются экспертные методы, использующие результаты моделирования, военных учений и реальных военных действий. Эффективным методом экспертного оценивания является метод Т.Саати [17]. С помощью данного метода можно получить количественную оценку отношения $\frac{S}{S^0}$. Далее эту величину будем рассматривать как коэффициент инфраструктуры K_S .

Показатель β , характеризующий степень вклада ВВТ и личного состава в боевой потенциал ВФ, можно также определить с помощью экспертов по результатам моделирования и военной практики.

Рассмотрим случай, когда изменение численности ВВТ и личного состава на единицу

$$dP_{ВФ} = \beta \frac{P_{ВФ}}{M_{ВВТ}} dM_{ВВТ}; \quad dP_{ВФ} = (1 - \beta) \frac{P_{ВФ}}{N_{ЛС}} dN_{ЛС}. \quad (5)$$

Полагая $dM_{ВВТ} = dN_{ЛС} = 1$ и приравнявая дифференциалы боевого потенциала, получаем следующее соотношение между показателем β и численностями $M_{ВВТ}$, $N_{ЛС}$:

$$V_{ВФ} = \frac{M_{ВВТ}}{N_{ЛС}} = \frac{\beta}{1 - \beta}. \quad (6)$$

Это соотношение позволяет определять по заданным величинам $M_{ВВТ}$, $N_{ЛС}$ требуемый показатель β или по заданному показателю β требуемое соотношение $V_{ВФ}$, характеризующее уровень технического оснащения ВФ.

Если эксперты устанавливают другой уровень технического оснащения ВФ $V_{ВФ}$, то по-

водит к одинаковому вкладу в боевой потенциал ВФ.

Найдем приращение боевого потенциала $P_{ВФ}$ по формуле (3) при изменении численностей ВВТ и личного состава на единицу:

казатель β в этом случае должен составлять величину

$$\beta = \frac{V_{ВФ}}{1 + V_{ВФ}}.$$

На рисунке 2 показана зависимость функции боевого потенциала (3) от соотношения уровней технической оснащенности $\frac{V_{ВФ}}{V_{ВФ}^э}$ и показателя эффективности ВВТ β при фиксированных значениях остальных параметров: $P_{БС} = 1$; $\frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^э} = 1$.

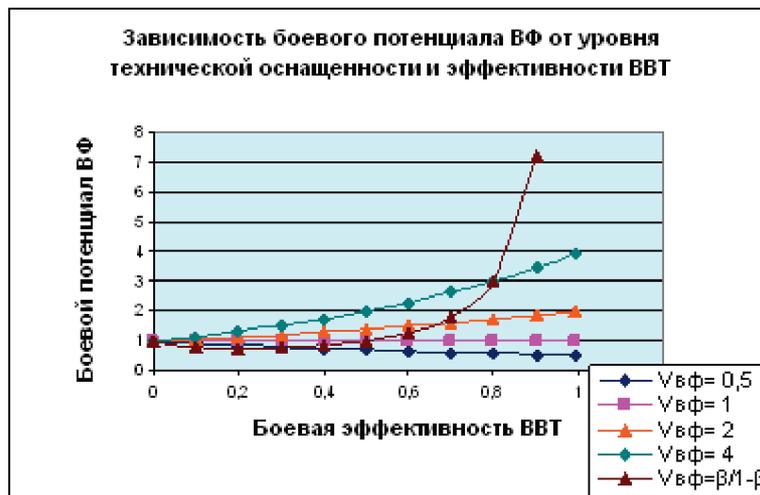


Рисунок 2 – Зависимость боевого потенциала от уровня технической оснащенности ВФ и эффективности ВВТ

Как видно из графиков, при $V_{ВФ} < V_{ВФ}^э$ боевой потенциал ВФ убывает с ростом показателя эффективности ВВТ β , а при $V_{ВФ} > V_{ВФ}^э$ – возрастает с ростом эффективности ВВТ. Здесь же приведен график боевого

потенциала для случая, когда показатель технической оснащенности $V_{ВФ}$ удовлетворяет соотношению (6).

Из рисунка видно, что в этом случае график $P_{ВФ}(V_{ВФ}, \beta)$ является мажорантой для

остальных графиков. Это означает, что при заданном уровне эффективности ВВТ β уровень технической оснащенности, определяемый формулой (6), реализует максимальный боевой потенциал при прочих равных условиях.

Приведенные выше рассуждения позволяют рационально использовать модель (3) для оценки боевого потенциала ВФ различного уровня.

Для тактических воинских формирований (ТВФ-1, ТВФ-2), оснащенных однотипным вооружением и не имеющих собственной инфраструктуры, расчет боевого потенциала относительно «эталонных» ВФ можно производить по формуле (3) без учета параметра инфраструктуры, т. е. при коэффициенте $K_S=1$.

Тактические ВФ предназначены для решения тактико-огневых задач, поэтому при оценке их боевого потенциала необходимо учитывать, прежде всего, численность боевых средств. С учетом этих замечаний боевой потенциал ТВФ-1 будет определяться выражением:

$$P_{ТВФ1} = P_{БС} \cdot \left(\frac{M_{БС}}{M_{БС}^э} \right)^\beta \left(\frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^э} \right)^{1-\beta}, \quad (7)$$

где $P_{БС}$ – показатель военно-технического уровня БС;

$M_{БС}^э, N_{ЛС}^э$ – численности БС и личного состава «эталонного» ТВФ.

Тактические воинские формирования второго уровня (ТВФ-2) формируются из определенного количества низших тактических подразделений (ТВФ-1). Новая структура имеет более высокий уровень организации и, следовательно, большие возможности в решении боевых задач. Поэтому боевые возможности ТВФ-2 превышают боевые возможности простой суммы элементарных боевых единиц (ТВФ-0) вследствие наличия в их составе единой системы боевого управления и материально-технического обеспечения. Здесь проявляется свойство организации (синергизм) системы, учитывающее совместное

действие элементов системы для решения поставленных задач [15]. Это новое качество реализуется, в том числе, и за счет наличия в ВФ личного состава, обеспечивающего боевое применение ВВТ. Синергизм боевых систем учитывается введением дополнительного коэффициента $K_{ВФ} > 1$, повышающего их боевой потенциал за счет единого управления, боевого, материально-технического и морально-психологического обеспечения [18].

С учетом сказанного боевой потенциал ТВФ-2 будет равен:

$$P_{ТВФ2} = K_{ТВФ} P_{БС} \cdot \left(\frac{M_{БС2}}{M_{БС2}^э} \right)^\beta \left(\frac{N_{ЛС2}}{N_{ЛС2}^э} \right)^{1-\beta}, \quad (8)$$

где $K_{ТВФ2} > 1$ – коэффициент синергизма ТВФ-2.

Обозначим n – число ТВФ-1 в составе ТВФ-2. Общая численность БС и личного состава ТВФ-2 больше простой суммы БС и личного состава ТВФ-1 за счет появления дополнительных средств боевого управления и обеспечения:

$$M_{БС2} \geq n M_{БС1}; \quad N_{БС2} \geq n N_{БС1}. \quad (9)$$

Если в составе «эталонного» ТВФ-2 имеется такое же количество подразделений ТВФ-1, то подставляя в выражение (8) соотношения для $M_{БС2}, N_{ЛС2}$, получаем:

$$P_{ТВФ2} \geq K_{ТВФ2} P_{БС} \cdot \left(\frac{M_{БС1}}{M_{БС1}^э} \right)^\beta \left(\frac{N_{ЛС1}}{N_{ЛС1}^э} \right)^{1-\beta} = \\ = K_{ТВФ2} P_{ТВФ1}$$

Отсюда следует, что коэффициент синергизма ТВФ-2 можно определить выражением:

$$K_{ТВФ2} = \frac{P_{БС} \cdot \left(\frac{M_{БС2}}{M_{БС2}^э} \right)^\beta \left(\frac{N_{ЛС2}}{N_{ЛС2}^э} \right)^{1-\beta}}{P_{ТВФ1}}. \quad (10)$$

В том случае, если в состав «эталонного» ТВФ-2 входит иное количество подразделений ТВФ-1 ($m \neq n$), то выражение для коэффициента синергизма $K_{ТВФ2}$ должно быть скорректировано умножением на величину $\frac{n}{m}$.

Из выражения (10) видно, что в силу нелинейной зависимости боевых потенциалов от численности ВВТ и личного состава коэффициент $K_{ТВФ2} > 1$, что отражает свойство синергизма более сложной системы.

Поскольку ТВФ-2 состоит из нескольких ТВФ-1, то его боевой потенциал можно представить как сумму боевых потенциалов составляющих его подразделений, нормированную относительно суммы боевых потенциалов «эталонных» ТВФ-1:

$$P_{ТВФ2} = K_{ТВФ2} P_{ТВФ1} = K_{ТВФ2} \frac{\sum_{j=1}^n P_{ТВФ1j}}{\sum_{j=1}^n P_{ТВФ1j}^{\beta}} = K_{ТВФ2} \frac{\sum_{j=1}^n P_{ТВФ1j}}{n} \quad (11)$$

Действительно, так как $M_{БС2} = n M_{БС1}$; $N_{ЛС2} = n N_{ЛС1}$, то получаем

$$P_{ТВФ2} = K_{ТВФ2} P_{БС} \left(\frac{n M_{БС1}}{n M_{БС1}^{\beta}} \right)^{\beta} \left(\frac{N_{ЛС1}}{N_{ЛС1}^{\beta}} \right)^{1-\beta} = K_{ТВФ2} \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{M_{БС1}}{M_{БС1}^{\beta}} \right)^{\beta} \left(\frac{N_{ЛС1}}{N_{ЛС1}^{\beta}} \right)^{1-\beta}}{\sum_{j=1}^n P_{ТВФ1j}^{\beta}} = K_{ТВФ2} \frac{\sum_{i=1}^n P_{ТВФ1j}}{n} = K_{ТВФ2} P_{ТВФ1}$$

где $\sum_{i=1}^n P_{ТВФ1j}^{\beta} = n$ согласно выражению (7).

Если число «эталонных» ТВФ-1 составляет $m \neq n$, то, соответственно, знаменатель в формуле (11) должен быть равен m .

Представление (11) является удобным, поскольку позволяет рассчитывать боевой потенциал ВФ верхнего уровня через боевые потенциалы ВФ нижнего уровня.

Третий уровень организационного строения войск представляют воинские формиро-

вания ТВФ-3 (бригада, полк, авиабаза). Они включают в себя определенное количество тактических ВФ первого и второго уровня с разнотипным вооружением и военной техникой. Кроме того, ТВФ-3 имеет определенную инфраструктуру. Боевой потенциал ТВФ-3 по аналогии с (11) можно также представить, с одной стороны, суммой боевых потенциалов разных подсистем вооружения, а, с другой, – суммой боевых потенциалов ТВФ-1 и ТВФ-2 с однотипным вооружением:

$$P_{ТВФ3} = K_S \frac{\sum_{j=1}^m P_{БСj} \left(\frac{M_{БСj}}{M_{БСj}^{\beta}} \right)^{\beta} \left(\frac{N_{ЛСj}}{N_{ЛСj}^{\beta}} \right)^{1-\beta}}{m} = K_S K_{ТВФ3} \frac{\sum_{i=1}^L P_{ТВФi}}{L}$$

где K_S – параметр инфраструктуры ТВФ-3; m – число различных типов БС в составе ТВФ-3;

$M_{БСj}$, $N_{ЛСj}$ – численности БС и личного состава, обслуживающие j -й тип вооружения;

$P_{ТВФi}$ – боевые потенциалы тактических ВФ нижних уровней, рассчитываемые по формулам (7), (8);

L – число частей и подразделений в составе рассматриваемого и эталонного ТВФ-3.

Коэффициент синергизма ТВФ-3 определяется соотношением:

$$K_{ТВФ3} = \frac{L \sum_{j=1}^m P_{БСj} \left(\frac{M_{БСj}}{M_{БСj}^{\beta}} \right)^{\beta} \left(\frac{N_{ЛСj}}{N_{ЛСj}^{\beta}} \right)^{1-\beta}}{m \sum_{i=1}^L P_{ТВФi}} \quad (12)$$

Оперативные и оперативно-стратегические ВФ (ОВФ, ОСВФ) в своем составе содержат воинские формирования второго и третьего уровня. Их боевой потенциал также определяется выражением (9) как линейная свертка показателей боевых потенциалов ВФ нижнего уровня с учетом коэффициента синергизма:

$$P_{ВФ} = K_{ВФ} \frac{\sum_{i=1}^L P_{ВФ_i}}{L}, \quad (13)$$

где $K_{ВФ}$ – коэффициент синергизма рассматриваемого ВФ;

L – число входящих в него ВФ нижнего уровня.

Процесс оценивания боевых потенциалов можно продолжить вплоть до определения боевого потенциала Вооруженных Сил. В результате получаем иерархическую систему показателей боевых возможностей системы вооружения от отдельных образцов ВВТ до Вооруженных Сил в целом (рисунок 1).

На верхнем уровне иерархии боевой потенциал Вооруженных Сил представляет собой сумму боевых потенциалов составляющих их межвидовых оперативно-стратегических воинских формирований (ОСВФ) и видовых оперативных воинских формирований (ОВФ) центрального подчинения:

$$P_{ВС} = K_{ВС} \frac{\sum_{i=1}^L P_{ОСВФ_i}}{L}, \quad (14)$$

где $K_{ВС}$ – коэффициент синергизма ВС;

L – число ОСВФ и ОВФ.

В рассмотренном подходе боевой потенциал вооруженных сил определяется на основе количественно-качественных параметров войсковых формирований различного уровня. Здесь в явном виде не просматривается роль и вклад деятельности центральных органов военного управления, осуществляющих планирование, организацию и административное управление повседневной деятельностью войск, а также учреждений Минобороны России, обеспечивающих подготовку военных кадров, проведение военно-научных исследований и испытаний различных систем вооружения.

Тем не менее, их деятельность косвенно учитывается в параметрах ВВТ и ВФ различного уровня. Так, например, военно-технический уровень ВВТ, характеризуемый показателем $P_{ВВТ}$, в значительной степени зависит

от качества военно-научного обоснования облика ВВТ и полноты реализации его ТТХ оборонной промышленностью, что является зоной ответственности органов военного управления, научно-исследовательских и испытательных организаций Минобороны.

Уровень боевой подготовки личного состава ВФ определяется качеством обучения командных и инженерно-технических кадров в образовательных учреждениях и центрах боевой подготовки Минобороны, эффективной работой штабов и органов военного управления по организации повседневной деятельности войск.

Уровень оперативной и тактической подготовки командного состава непосредственно определяют показатели синергизма ВФ различного уровня.

Таким образом, предлагаемый подход к оценке боевого потенциала в целом учитывает все основные ключевые факторы, определяющие боевые возможности Вооруженных Сил и их ВФ.

3. Модель взаимосвязи боевого потенциала Вооруженных Сил с величиной военного бюджета

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.

Из теории вооружения и военной практики известно [19, 21], что боевой потенциал ВФ находится в прямой зависимости от объема выделяемых финансовых и материальных ресурсов, а также времени боевой подготовки.

В военно-экономическом анализе все затраты финансовых и материальных ресурсов, выделяемых на формирование, оснащение и

боевую подготовку войск, приводятся к единой стоимостной шкале и определяют бюджет военной организации [22, 23].

В этом случае можно установить зависимость между стоимостью выделяемых ресурсов и величиной достигаемого боевого потенциала ВФ.

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:

- 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 [22]. Военные расходы в значительной степени зависят от наличия у стран стратегического ядерного оружия.

Таблица 1 – Военные расходы наиболее развитых стран блока НАТО

Основные расходные статьи	Объемы расходов (млрд. долл.)						
	США	Англия	ФРГ	Франция	Италия	Турция	Всего за 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

В таблице 2 приведены данные об уровне расходов на оборону основных стран «ядерного клуба» [24], откуда 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% [22, 23].

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.

Таблица 2 – Расходы на оборону основных 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%

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

Представим военный бюджет в виде суммы трех составляющих: расходы на создание и поддержание военной инфраструктуры $C_{ВИ}$, закупку и содержание ВВТ $C_{ВВТ}$ и расходы на обеспечение личного состава $C_{ЛС}$, включая

$$C_{ВС} = C_{ВИ} + C_{ВВТ} + C_{ЛС} = \sum_{j=1}^m [(C_{01j} + C_{1j})M_{ВВТj} + (C_{02j} + C_{2j})N_{ЛСj}] = \sum_{j=1}^m [C_{ВВТj}M_{ВВТj} + C_{ЛСj}N_{ЛСj}], \quad (15)$$

где m – число типов ВВТ в составе ВФ;

C_{01j}, C_{02j} – средние стоимости затрат на создание инфраструктуры для единицы ВВТ и личного состава;

C_{1j} – средняя стоимость затрат на закупку и эксплуатацию единицы ВВТ;

C_{2j} – средняя стоимость затрат на содержание одного служащего ВФ;

$C_{ВВТj} = C_{01j} + C_{1j}$; $C_{ЛСj} = C_{02j} + C_{2j}$ – суммарные удельные затраты на закупку и содержание единицы ВВТ и содержание личного состава.

Из таблицы 1 видно, что в вооруженных силах блока НАТО затраты на содержание и обеспечение боевой подготовки личного состава примерно в четыре раза превосходят затраты на закупку и ремонт ВВТ.

Практика военно-научных исследований показывает, что с увеличением численности ВВТ и личного состава затраты на формирование, содержание и обеспечение повседневной деятельности ВФ растут нелинейно, причем с ростом масштаба ВФ степень роста потребных затрат возрастает [19, 24, 25].

боевую подготовку.

В военно-экономическом анализе [21, 22, 23, 26] принимается допущение о пропорциональной зависимости этих расходов от численности ВВТ и личного состава.

Используя это допущение, получаем следующее выражение для расходов на создание ВФ определенного типа:

Используя выражение для боевого потенциала ВФ (7)

$$P_{ВФ} = P_{БС} \cdot \left(\frac{M_{БС}}{M_{БС}^Э} \right)^\beta \left(\frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^Э} \right)^{1-\beta}$$

и выражение для стоимости ВФ с однотипным составом ВВТ $C_{ВФ} = C_{ВВТ}M_{БС} + C_{ЛС}N_{ЛС}$, после несложных преобразований получаем следующую зависимость боевого потенциала $P_{ВФ}$ от суммарных затрат на его формирование и обеспечение $C_{ВФ}$:

$$P_{ВФ} = A(C_{ВФ} - B)^\beta, \quad (16)$$

где A, B – константы, зависящие от частных параметров ВФ.

Полученная зависимость (16) соответствует общей закономерности в развитии систем ВиВТ [11, 19, 21, 24, 27, 28, 29]. Такой закономерностью является зависимость боевых возможностей систем вооружения от уровня затрат на обеспечение их жизненного цикла, подчиняющаяся логистическому закону, частным случаем которого является зависимость (16).

На рисунке 3 показана зависимость боевого потенциала ВФ от стоимости при разных значениях показателя эффективности БС β .

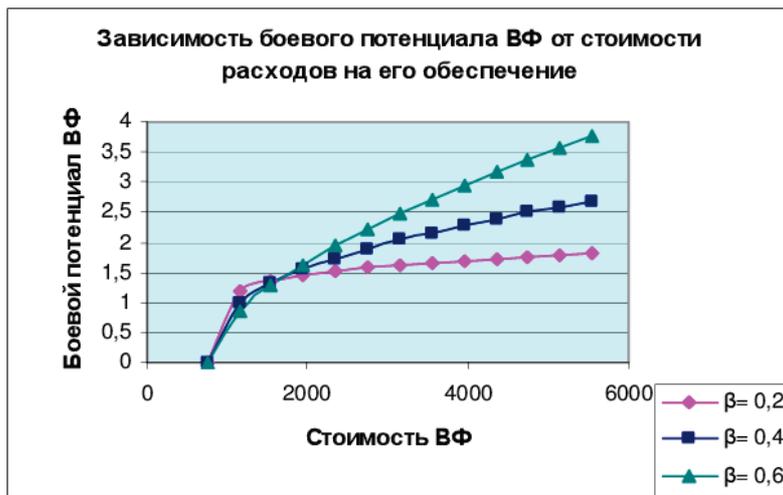


Рисунок 3 – Зависимость боевого потенциала ВФ от стоимости расходов на его обеспечение

Используем рассмотренные выше модели для решения прямой и обратной задачи военного планирования по определению военных расходов на обеспечение требуемого боевого потенциала ВС и его воинских формирований.

4. Приближенная оценка оптимальных параметров воинских формирований вооруженных сил по критерию «эффективность-стоимость»

Рассмотрим прямую и обратную задачи военного планирования применительно к ВФ различного типа.

4.1. Прямая задача: Требуется определить минимально необходимую численность боевых средств $M_{БС}$ и личного состава $N_{ЛС}$, минимизирующую затраты на создание и обеспечение ТВФ для обеспечения требуемого боевого потенциала:

$$C_{ТВФ} = C_{БС} M_{БС} + C_{ЛС} N_{ЛС} \rightarrow \min ;$$

$$P_{ТВФ} = P_{БС} \cdot \left(\frac{M_{БС}}{M_{БС}^{\text{Э}}} \right)^{\beta} \cdot \left(\frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^{\text{Э}}} \right)^{1-\beta} \geq P_{ТВФ}^{TR} \quad (17)$$

Для решения задачи используем метод Лагранжа.

Составим функцию Лагранжа

$$L = C_{ТВФ}(M_{БС}, N_{ЛС}) + \lambda [P_{ТВФ}^{TR} - P_{ТВФ}(M_{БС}, N_{ЛС})],$$

$\lambda > 0$

и найдем частные производные по аргументам $M_{БС}$, $N_{ЛС}$:

$$\frac{\partial L}{\partial M_{БС}} = C_{БС} - \lambda \beta \frac{P_{ТВФ}}{M_{БС}} ;$$

$$\frac{\partial L}{\partial N_{ЛС}} = C_{ЛС} - \lambda (1 - \beta) \frac{P_{ТВФ}}{N_{ЛС}} .$$

Приравнявая частные производные к нулю, получаем следующие соотношения для численности ТВФ:

$$M_{БС} = \lambda \beta \frac{P_{ТВФ}}{C_{БС}} ; N_{ЛС} = \lambda (1 - \beta) \frac{P_{ТВФ}}{C_{ЛС}} \quad (18)$$

Здесь $\lambda > 0$ – неопределенный множитель.

Этот множитель можно исключить, поделив первое выражение на второе. В результате получаем оптимальное соотношение между численностью БС и личного состава, которое характеризует уровень технической оснащенности ТВФ:

$$V_{ВФ} = \frac{M_{БС}}{N_{ЛС}} = \frac{\beta}{1 - \beta} \cdot \frac{C_{ЛС}}{C_{БС}} \quad (19)$$

Подставляя это соотношение в равенство для боевого потенциала, приводим его к виду

$$P_{БС} \cdot \left(\frac{V_{ВФ}}{V_{ВФ}^{\text{Э}}} \right)^{\beta} \frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^{\text{Э}}} = P_{ТВФ}^{TR} \quad (20)$$

откуда находим потребную численность личного состава ВФ $\frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^э}$, а затем из (19) потребную численность БС $\frac{M_{БС}}{M_{БС}^э}$.

Пример 1. Требуется определить оптимальную численность БС и личного состава ТВФ, обеспечивающих величину боевого потенциала $P_{ТВФ}^{ТР}=1,2$ относительно «эталонного» ВФ с численностью $M_{БС}^э=36$ ед., $N_{ЛС}^э=120$ чел. при величине боевого потенциала БС $P_{БС}=1,1$. Стоимость закупки и содержания одного БС в течении срока службы составляет $C_{БС}=20$ у.е., стоимость содержания одного военнослужащего за указанный период составляет $C_{ЛС}=5,0$ у.е. Уровень технической оснащенности ВФ должен быть не хуже уровня оснащенности «эталонного» ВФ.

Решение.

Определяем уровень технической оснащенности «эталонного» ВФ:

$$V_{БС}^э = \frac{M_{БС}^э}{N_{ЛС}^э} = \frac{36}{120} = 0,3.$$

При одинаковом уровне технической оснащенности ВФ из формулы (19) следует $\frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{C_{ЛС}}{C_{БС}} = V_{ВФ}^э$. Откуда находим потребный показатель эффективности БС:

$$\beta = \frac{C_{БС} V_{ВФ}^э}{C_{ЛС} + C_{БС} V_{ВФ}^э} = \frac{20 \cdot 0,3}{5 + 20 \cdot 0,3} = 0,54.$$

Из равенства (20) находим потребную численность личного состава:

$$\frac{N_{ЛС}}{N_{БС}^э} = \frac{P_{ВФ}^{ТР}}{P_{БС}} = \frac{1,2}{1,1} = 1,09.$$

Далее по формуле (19) рассчитываем потребную численность БС:

$$\frac{M_{БС}}{M_{БС}^э} = \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{C_{ЛС}}{C_{БС}} \cdot \frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^э} = \frac{0,8}{0,2} \cdot \frac{5}{20} \cdot 1,09 = 1,09.$$

Окончательно получаем следующие результаты:

$$M_{БС} = 39 \text{ ед.}; N_{ЛС} = 131 \text{ чел.}$$

Минимальная стоимость ТВФ составляет:

$$C_{ТВФ} = C_{БС} M_{БС} + C_{ЛС} N_{ЛС} = 20 \cdot 39 + 5 \cdot 131 = 1440 \text{ у.е.} \blacktriangle^1$$

Пример 2. Изменим условия примера 1, приняв, что показатель эффективности БС β соответствует «эталонному» ВФ.

Решение. По уровню технического оснащения «эталонного» ВФ $V_{ВФ}^э = \frac{\beta}{1-\beta}$ находим показатель эффективности его БС:

$$\beta^э = \frac{V_{БС}^э}{1 + V_{БС}^э} = \frac{0,3}{1 + 0,3} = 0,23.$$

По формуле (19) определяем требуемый уровень технической оснащенности ТВФ:

$$V_{ВФ} = \frac{M_{БС}}{N_{ЛС}} = \frac{\beta^э}{1 - \beta^э} \cdot \frac{C_{ЛС}}{C_{БС}} = \frac{0,23 \cdot 5}{20} = 0,06.$$

Рассчитываем потребную численность личного состава и боевых средств ТВФ:

$$\frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^э} = \frac{P_{ВФ}^{ТР}}{P_{БС}} \cdot \left(\frac{V_{ВФ}^э}{V_{ВФ}} \right)^{\beta^э} = \frac{1,2}{1,1} \cdot \left(\frac{0,3}{0,06} \right)^{0,23} = 1,6;$$

$$\frac{M_{БС}}{M_{БС}^э} = \frac{V_{БС} \cdot N_{ЛС}}{N_{ЛС}^э} = 0,06 \cdot 1,6 = 0,96.$$

Абсолютная численность и стоимость ТВФ составляет:

$$M_{БС} = 11 \text{ ед.}; N_{ЛС} = 191 \text{ чел.}; C_{ТВФ} = 1177 \text{ у.е.}$$

По сравнению с примером 1 получена иная структура ТВФ, которая также обеспечивает требуемое значение боевого потенциала, но с меньшими затратами.

При всей кажущейся привлекательности данный результат вряд ли имеет практический смысл. Компенсировать сокращение БС за счет увеличения личного состава для сохранения требуемого боевого потенциала ТВФ вряд ли возможно на практике. Поэтому результат примера 1 имеет большую обоснованность \blacktriangle .

4.2. Обратная задача: Требуется определить минимально необходимую численность боевых средств $M_{БС}$ и личного состава $N_{ЛС}$,

1 Символ \blacktriangle означает конец рассматриваемого примера.

максимизирующие боевой потенциал ТВФ для заданного уровня его финансирования:

$$P_{ТВФ} = P_{БС} \left(\frac{M_{БС}}{M_{БС}^{\text{э}}} \right)^{\beta} \left(\frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^{\text{э}}} \right)^{1-\beta} \rightarrow \max ;$$

$$C_{ТВФ} = C_{БС} M_{БС} + C_{ЛС} N_{ЛС} \leq C_{ТВФ}^{\text{зад}}. \quad (21)$$

Применяя метод Лагранжа, получаем следующее решение:

$$M_{БС} = \frac{\beta C_{ТВФ}^{\text{зад}}}{C_{БС}} ; N_{ЛС} = \frac{(1-\beta) C_{ТВФ}^{\text{зад}}}{C_{ЛС}}. \quad (22)$$

Разделив первое выражение на второе, получаем соотношение (19):

$$\frac{M_{БС}}{N_{ЛС}} = \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{C_{ЛС}}{C_{БС}},$$

что говорит о согласованности прямой и обратной задач оптимизации.

Подставляя полученные значения $M_{БС}$, $N_{ЛС}$ в выражение для боевого потенциала, находим его значение, соответствующее заданной величине финансирования ТВФ.

Полученное оптимальное соотношение (19) не всегда может быть выполнимо на практике.

Возможен случай, когда уровень технического оснащения ВФ определяется другими факторами, в частности, уровнем технического совершенства БС (5):

$$\vartheta_{БС} = \frac{N_{ЛС}}{M_{БС}}.$$

В этом случае уровень технической оснащенности ВФ будет обратно пропорционален уровню технического совершенства БС:

$$V_{ВФ} = \frac{M_{БС}}{N_{ЛС}} = \frac{1}{\vartheta_{БС}}. \quad (23)$$

По данному показателю определяются требуемые значения $M_{БС}$, $N_{ЛС}$ для прямой и обратной задачи.

Пример 3. В условиях примера задан уровень технического совершенства БС $\vartheta_{БС} = 4,5$ чел. В качестве показателя эффективности БС принято значение «эталонного» образца ВВТ $\beta^{\text{э}} = 0,23$.

Решение. По формуле

$$\frac{N_{ЛС}}{N_{ЛС}^{\text{э}}} = \frac{P_{ВФ}^{TP}}{P_{БС}} \cdot \left(\frac{V_{ВФ}^{\text{э}}}{V_{ВФ}} \right)^{\beta}$$

рассчитываем численность ВФ: $N_{ЛС} = 140$ чел., а затем по формуле (22) численность БС: $M_{БС} = 31$ ед.

При данной численности достигается требуемый боевой потенциал $P_{ТВФ}^{TP} = 1,2$ и стоимость ТВФ $C_{ТВФ} = 1325$ у.е. ▲

Рассмотрим прямую задачу оптимизации численности ВФ с разнотипным составом БС:

$$C_{ВФ} = \sum_{j=1}^m (C_{БСj} M_{БСj} + C_{ЛСj} N_{ЛСj}) \rightarrow \min ;$$

$$P_{ВФ} = \sum_{j=1}^m P_{БСj} \left(\frac{M_{БСj}}{M_{БСj}^{\text{э}}} \right)^{\beta_j} \left(\frac{N_{ЛСj}}{N_{ЛСj}^{\text{э}}} \right)^{1-\beta_j} \geq P_{ВФ}^{TP}. \quad (24)$$

Применяя метод Лагранжа, получаем аналогичные (19) соотношения для каждой подсистемы вооружения:

$$V_{ВФj} = \frac{M_{БСj}}{N_{ЛСj}} = \frac{\beta_j}{1-\beta_j} \cdot \frac{C_{ЛСj}}{C_{БСj}}, \quad (j = \overline{1, m}).$$

Однако они связаны ограничением, накладываемым на боевой потенциал ВФ:

$$P_{ВФ} = \sum_{j=1}^m P_{БСj} \left(\frac{M_{БСj}}{M_{БСj}^{\text{э}}} \right)^{\beta_j} \left(\frac{N_{ЛСj}}{N_{ЛСj}^{\text{э}}} \right)^{1-\beta_j} \geq P_{ВФ}^{TP},$$

из которого невозможно получить однозначного решения для численностей $N_{ЛС}$ личного состава по каждой подсистеме вооружения.

В этом случае необходимо вводить дополнительные условия. Такими условиями могут быть ограничения по величине боевого потенциала для $(m-1)$ -й подсистемы вооружения:

$$P_{ВФj} = P_{БСj} \left(\frac{M_{БСj}}{M_{БСj}^{\text{э}}} \right)^{\beta_j} \left(\frac{N_{ЛСj}}{N_{ЛСj}^{\text{э}}} \right)^{1-\beta_j} \geq P_{ВФj}^{TP};$$

($j = \overline{1, m-1}$).

Тогда исходная задача будет иметь однозначное решение.

Для обратной задачи оптимизации

$$P_{ВФ} = \sum_{j=1}^m P_{БСj} \left(\frac{M_{БСj}}{M_{БСj}^{\text{э}}} \right)^{\beta_j} \left(\frac{N_{ЛСj}}{N_{ЛСj}^{\text{э}}} \right)^{1-\beta_j} \rightarrow \max ;$$

$$C_{ВФ} = \sum_{j=1}^m (C_{БСj} M_{БСj} + C_{ЛСj} N_{ЛСj}) \leq C_{ВФ}^{\text{зад}}$$

можно в явном виде получить выражения для численностей БС и личного состава по каждой подсистеме вооружения:

$$M_{БСj} = \beta_j \frac{P_{ВФj}}{\lambda C_{БСj}}; N_{ЛСj} = \frac{(1 - \beta_j) P_{ВФj}}{\lambda C_{БСj}}, \quad (25)$$

где $\lambda > 0$ – неопределенный множитель Лагранжа.

Этот множитель найдем из ограничения на бюджет ВФ. Для этого просуммируем и сложим левые и правые части равенств (23). В результате получим:

$$\sum_{j=1}^m C_{ВФj} = \lambda \sum_{j=1}^m P_{ВФj}.$$

Приравняв сумму затрат на ВФ заданной величине $\sum_{j=1}^m C_{ВФj} = C_{ВФ}^{зад}$, находим неопре-

деленный множитель $\lambda = \frac{\sum_{j=1}^m P_{ВФj}}{C_{ВФ}^{зад}}$.

Выражения для оптимальных численностей БС и личного состава в обратной задаче имеют вид:

$$M_{БСj} = \frac{\beta_j P_{ВФj}}{C_{БСj} \sum_{j=1}^m P_{ВФj}} \cdot C_{ВФ}^{зад};$$

$$N_{ЛСj} = \frac{(1 - \beta_j) P_{ВФj}}{C_{БСj} \sum_{j=1}^m P_{ВФj}} \cdot C_{ВФ}^{зад}. \quad (26)$$

Уравнения (26) заданы в неявном виде, поэтому для их решения необходимо исполь-

зовать метод последовательных приближений.

Пример 4. Требуется определить численность боевых средств мотострелковой бригады РФ, состоящей из двух мотострелковых батальонов (мсб), одного танкового батальона (тб) и одного артиллерийского дивизиона (ад) по исходным данным, приведенным в таблице 3. В качестве «эталонного» выбрана тяжелая пехотная бригада США [30], состав и вооружение которой приведены в таблицах 3, 4. В состав пехотной бригады США входят четыре боевых подразделения (разведывательный батальон, два смешанных батальона, артиллерийский дивизион) и два подразделения обеспечения (штабной батальон и батальон тылового обеспечения). При этом смешанный батальон представляет по сути объединение мотострелкового и танкового батальонов.

Для приведения к одинаковой структуре смешанный батальон целесообразно разделить на мотострелковый и танковый батальоны примерно одинаковой численности. Такая структуризация практически не изменяет боевого потенциала исходного воинского формирования. В целях упрощения задачи для каждого подразделения бригады определен один базовый тип вооружения. Требуется определить рациональный состав бригады РФ из условия обеспечения заданного боевого потенциала подразделений бригады. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 5.

Таблица 3 – Состав и вооружение тяжелой пехотной бригады Сухопутных войск США

Состав и вооружение тяжелой пехотной бригады США	Численность личного состава	БМП, БРМ «Брэдли»	БТР М113А3	Танк М1А2 «Абрамс»	155-мм гаубица М109А6 «Паладин»	120-мм самоходный миномет М121	Переносной ПТРК «Джавелин»
Штаб бригады	183	7					
Штабной батальон	424	15	7				3
Разведывательный батальон	383	23	11			6	18
Смешанный батальон (2)	623	36	14	29		4	21
Артиллерийский дивизион	343				16		
Батальон тылового обеспечения	1144		6				
Всего	3772	117	52	58	16	14	63

Таблица 4 – Исходные данные для расчета

Подразделения пехотной бригады США	<i>рб</i>	<i>мсб</i>	<i>тб</i>	<i>ад</i>
Вооружение пехотной бригады США	БМП «Брэдли», БТР М113А3	БМП «Брэдли», БТР М113А3	БТ «Абрамс»	155-мм гаубица М109А6 «Паладин»
Численность боевых средств	33	36	29	16
Численность личного состава	383	340	283	343
Техническая оснащенность подразделений бригады США	0,086	0,106	0,102	0,05
Показатели эффективности БС бригады США	0,08	0,10	0,09	0,04
Подразделения мотострелковой бригады РФ	<i>мсб</i>	<i>мсб</i>	<i>мсб</i>	<i>ад</i>
Вооружение мотострелковой бригады РФ	БМП-2, БТР-80	БМП-2, БТР-82	Т-72Б3	152-мм гаубица 2А65 Мста-Б
Боевой потенциал БС	0,90	0,9	1,0	1,05
Требуемый боевой потенциал подразделений бригады РФ	1,0	1,0	1,1	1,1
Удельная стоимость БС	6	6	15	15
Удельная стоимость ЛС	5	5	5	5
Расчет параметров мотострелковой бригады РФ				
Техническая оснащенность бригады РФ	0,086	0,106	0,102	0,047
Показатели эффективности БС бригады	0,13	0,16	0,24	0,12
Численность ЛС подразделений бригады	426	378	296	313
Численность БС подразделений бригады	37	40	30	15
Стоимость подразделений бригады, у.е.	2458	2249	1938	1785
Боевой потенциал бригады РФ	1,05			
Стоимость бригады РФ, у.е.	8600			

Таблица 5 – Уровень технической оснащенности подразделений тяжелой бригады Сухопутных войск США

Состав и вооружение тяжелой пехотной бригады США	БМП, БРМ «Брэдли»	БТР М113А3	Танк М1А2 «Абрамс»	155-мм гаубица М109А6 «Паладин»	120-мм самоходный миномет М121	Переносной ПТРК «Джавелин»
Штабной батальон	0,035	0,017				0,0085
Разведывательный батальон	0,060	0,029			0,015	0,047
Смешанный батальон (2)	0,058	0,022	0,046		0,006	0,034
Артиллерийский дивизион				0,047		
Батальон тылового обеспечения		0,005				

Р е ш е н и е . По данным численности БС и личного состава подразделений пехотной бригады США определяем уровень их технической оснащенности по каждому виду вооружения. Как и в примере 1 потребуем, чтобы уровень технической оснащенности отечественных боевых подразделений был не ниже «эталонных» подразделений. Далее по

формуле (19) рассчитываем требуемые показатели эффективности БС для бригады РФ.

Далее по формуле (20) рассчитываем численность личного состава $N_{лс}$ и боевых средств по каждому тактическому подразделению. Расчеты сводим в таблице 4.

Боевой потенциал бригады РФ в рамках заданной структуры составляет $P_{вф} = 1,05$, за-

траты на формирование и обеспечение бригады составляют $C_{вф} = 8600$ у.е.

Пример 5. В условиях предыдущего примера рассмотрим обратную задачу – при за-

данном бюджете $C_{вф} = 8600$ у.е. определить численность БС и личного состава бригады РФ, обеспечивающие максимальный боевой потенциал бригады.

Таблица 6 – Расчетные данные для семи итераций

Номер итерации	Параметры подразделений	<i>мсб</i>	<i>мсб</i>	<i>тб</i>	<i>ад</i>	Бригада
1	Нлс	426	378	296	343	
	Мбс	36,7	40,0	30	16	
	Ввф	0,086	0,106	0,102	0,047	
	Рвф	1,0	1,0	1,1	1,1	1,050
	Свф	2458	2249	1938	1955	8600
2	Нлс	354,5	344,0	344,6	395,2	
	Мбс	30,5	36,4	35,3	18,4	
	Ввф	0,086	0,106	0,102	0,047	
	Рвф	0,83	0,91	1,28	1,27	1,07
	Свф	2048	2048	2252	2252	8600
3	Нлс	289,2	306,7	392,1	445,8	
	Мбс	24,9	32,5	40,2	20,8	
	Ввф	0,086	0,106	0,102	0,047	
	Рвф	0,68	0,81	1,45	1,43	1,09
	Свф	1670	1826	2563	2541	8600
4	Нлс	231,3	268,0	437,4	493,0	
	Мбс	19,9	28,4	44,8	23,0	
	Ввф	0,086	0,106	0,102	0,047	
	Рвф	0,54	0,71	1,62	1,58	1,11
	Свф	1336	1595	2859	2810	8600
5	Нлс	181,6	230,0	479,0	535,3	
	Мбс	15,6	24,3	49,1	25,0	
	Ввф	0,086	0,106	0,102	0,047	
	Рвф	0,43	0,61	1,78	1,72	1,13
	Свф	1049	1369	3131	3051	8600
6	Нлс	140,3	194,2	516,2	571,9	
	Мбс	12,1	20,6	52,9	26,7	
	Ввф	0,086	0,106	0,102	0,047	
	Рвф	0,33	0,51	1,92	1,83	1,15
	Свф	810	1156	3375	3259	8600
7	Нлс	106,9	161,7	548,6	602,5	
	Мбс	9,2	17,1	56,2	28,1	
	Ввф	0,086	0,106	0,102	0,047	
	Рвф	0,25	0,43	2,04	1,93	1,16
	Свф	617	962	3586	3434	8600

Решение. Методом последовательных приближений находим совместное решение уравнений (26). В таблице 6 приведены значения численностей БС и личного состава подразделений бригады, их боевые потенциалы и общий боевой потенциал бригады для семи итераций. Как видно из таблицы, в ходе итера-

ционной процедуры происходит перераспределение бюджета бригады в сторону увеличения численностей более эффективных БС с сохранением постоянного уровня технической оснащенности подразделений. На рисунке 4 показан график динамики боевого потенциала бригады в процессе поиска решения.

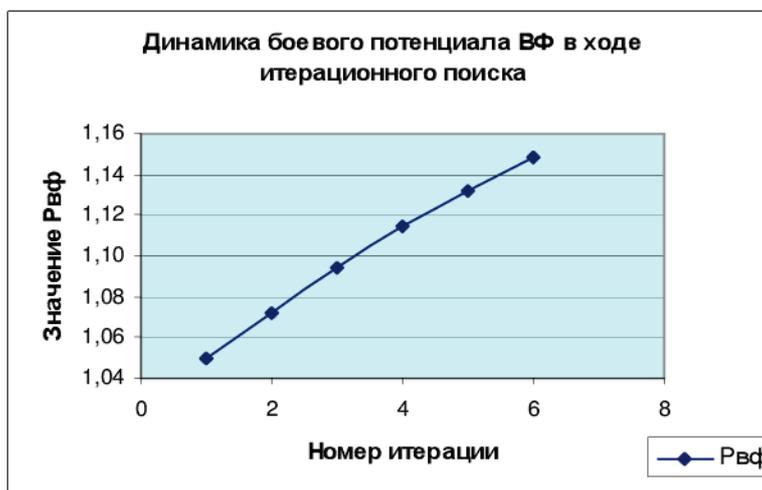


Рисунок 4 – Динамика боевого потенциала в ходе итерационного поиска

Заключение. Предложенный методический подход и разработанный математический аппарат позволяет решать задачи по обоснованию количественных параметров воинских

формирований различного уровня по критерию «эффективность-стоимость», что делает возможным формирование рационального облика частей и соединений Вооруженных Сил.

Список использованных источников

1. Цыгичко В.Н. Метод боевых потенциалов для Венских переговоров // Военный вестник. – 1989. – № 5 (14).
2. Бабич В.В. О некоторых методологических подходах к определению боевых возможностей войск // Военная мысль. – 2007. – № 3.
3. Нарышкин В.Г. О показателях боевого потенциала воинских формирований // Военная мысль. – 2009. – № 1.
4. Методика оценки боевых потенциалов вооружения и военной техники и войсковых формирований вооруженных сил Российской Федерации и иностранных государств. – М.: ЦВСИ ГШ ВС РФ, 2009.
5. Бонин А.С., Горчица Г.И. О боевых потенциалах образцов ВВТ, формирований и соотношения сил группировок сторон // Военная мысль. – 2010. – № 4.
6. Клаузевиц К. О войне. – М.: Эксмо; СПб.: Мидград, 2007.
7. Пфанцагель И. Теория измерений. – М.: Наука, 1976.
8. Хованов Н.В. Математические основы теории шкал измерения качества. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1982.
9. Ягольников С.В., Глушков И.Н., Зиновьев В.В. и др. Технология моделирования боевых действий / Под. науч. ред. С.В.Ягольникова. – Тверь: 2 ЦНИИ МО РФ, 2009.

10. Буренок В.М., Цырендоржиев С.Р. Создание системы моделирования – необходимое условие развития Вооруженных Сил Российской Федерации // Вооружение и экономика. – 2013. – № 4 (25).
11. Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.
12. Платунов В.С. Методология системных военно-научных исследований авиационных комплексов. – М.: Дельта, 2005.
13. Буравлев А.И., Горчица Г.И. Методика оценки функциональной эффективности военно-технических систем // Вопросы оборонной техники. Сер. 3. – 2011. – Вып. 6 (301).
14. Буравлев А.И., Брезгин В.С. Оценка качества объектов по неметризуемому вектору характеристик // Вооружение и экономика. – 2009. – № 1 (5).
15. Артюхов В.В. Общая теория систем: самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. – Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.
16. Буравлев А.И., Брезгин В.С., Цырендоржиев С.Р. Основы методологического подхода к оценке боевого потенциала образцов ВВТ и воинских формирований // Вооружение и экономика. – 2009. – № 3 (7).
17. Саати Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий. – М.: Сов. Радио, 1993.
18. 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. Части 1,2; под ред. В.М. Буренка. – М.: Граница, 2013.
19. Радвик Б. Военное планирование и анализ систем. – М.: Воениздат, 1972.
20. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций. – Изд. 2-е. – М.: Военное издательство, 1987.
21. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М.Московского. – М.: Граница, 2005.
22. Военный бюджет государства. Методы обоснования и анализа / Под общ. ред. Г.С.Олейника. – М.: Военное издательство, 2000.
23. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюции взглядов на проблемы, методы, решения. – М.: Граница, 2013.
24. Останков В., Лапунов П. Учесть имеющийся опыт, избежать повторения ошибок // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 34 (502).
25. Карпенко А. Рецидив подводной гигантомании. России сегодня не по карману содержание десятков атомных подводных ракетноносцев // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 20 (488).
26. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. – М.: Граница, 2012.
27. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости боевых летательных аппаратов и численности ВВС стран мира // Вооружение и экономика. – 2012. – № 3 (19).
28. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости танков и численности боевого состава бронесил стран мира // Вооружение и экономика. – 2013. – № 1 (21).
29. Поздняков А.И. Система общих закономерностей развития военной техники как основа определения приоритетов в военно-технической политике // Вооружение и экономика. – 2013. – № 2 (22).
30. Панов Л. Типовая организационно-штатная структура боевых бригад Сухопутных войск США // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 8.