

Буравлев А.И., доктор технических наук,
профессор
Гладышевский В.Л., кандидат техниче-
ских наук, доцент

Оптимальное распределение ресурсов в задачах программно-целевого планирования развития вооружения и военной техники

В статье рассмотрена задача оптимального распределения ресурсов при обосновании государственной программы вооружения (ГПВ) с учетом выделяемого бюджета и возможностей оборонно-промышленного комплекса. Разработан методический подход к оценке боевого потенциала Вооруженных Сил и его связи с целевыми индикаторами ГПВ. Предложена методика оценки потребных финансовых и материальных ресурсов для реализации ГПВ с учетом возможностей предприятий ОПК. Рассмотрена задача оптимизации контрактных цен, обеспечивающих баланс интересов между заказчиком и исполнителями государственного оборонного заказа (ГОЗ).

Введение

Система вооружения является важнейшей составляющей системы обеспечения военной безопасности государства и боевой мощи его Вооруженных Сил. Она представляет собой совокупность организационно и функционально связанных средств вооруженной борьбы (вооружения и военной техники) и группировок войск (сил), предназначенных для ведения военных действий [1, 4].

Структура и количественные характеристики системы вооружения определяются, с одной стороны, уровнем военных угроз безопасности государства, а с другой, – экономическими возможностями государства, уровнем развития науки и техники, промышленных технологий.

Эти ключевые факторы определяют содержание военно-технической политики государства, реализация которой осуществляется в рамках государственных программ вооружения.

Государственная программа вооружения представляет собой долгосрочную стратегию развития системы вооружения, обеспечивающую сбалансированность потребностей государства в создании системы вооружения, адекватной военным угрозам и возможностям

оборонно-промышленного комплекса по техническому оснащению Вооруженных Сил вооружением и военной техникой (ВВТ).

В основе разработки ГПВ используется методология программно-целевого планирования, реализующая увязку целей развития системы вооружения с потребными ресурсами и ограничениями на их использование [1, 2, 4]. Концептуально формирование ГПВ сводится к задаче рационального (оптимального) распределения ограниченных ресурсов для достижения поставленных целей в течение заданного интервала времени.

Для корректного решения этой задачи и получения практических результатов необходимо выполнить ряд условий [1]:

1) цели развития системы вооружения на прогнозируемый период времени должны иметь количественное выражение с помощью одного или нескольких показателей;

2) целевые показатели должны иметь количественную связь между тактико-техническими характеристиками ВВТ и используемыми ресурсами;

3) должен быть сформулирован критерий достижимости цели при ограниченных ресурсах.

Каждое из названных условий представляет собой нетривиальную задачу, для решения которой требуются немалые интеллектуальные усилия.

Цели развития системы вооружения формулируются военно-политическим руководством страны на вербальном (качественном) уровне в виде ряда положений (статей) соответствующих законодательно-нормативных актов. Количественное выражение этих положений в виде показателей является сложной и часто неформализуемой задачей, от качества решения которой во многом зависят все последующие действия.

Установление количественных зависимостей между целевыми показателями и характеристиками ВВТ, а также необходимыми ресурсами для их достижения требует разработки полных и адекватных военно-технических, экономико-математических моделей и расчетных методик, составляющих единую научно-методическую и информационную базу программно-целевого планирования и управления. Эта задача решается научно-исследовательскими организациями различных ведомств (РАН, отраслевыми академиями, НИУ промышленности и Минобороны РФ). В силу различной подчиненности их работа не всегда должным образом координируется, что приводит к несогласованности методологических подходов и недостаточному качеству разрабатываемого научно-методического аппарата.

Формулирование критериев рационального (оптимального) планирования и управления развитием системы вооружения относится к задаче целеполагания и является прерогативой военно-политического руководства и уполномоченных его органов.

В данной статье рассматривается методологический подход к решению задач программно-целевого планирования в части оптимального распределения ресурсов с учетом различных целевых установок.

1. Цели и задачи программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе

Основные цели и задачи развития системы вооружения Российской Федерации изложены в концептуальных документах, определяющих стратегию обеспечения безопасности и содержание военно-технической политики Российской Федерации: «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года», «Военная доктрина Российской Федерации», «Основные направления строительства Вооруженных Сил на период до 2020 года», «Основы военно-технической политики Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» и др.

Основной целью Государственной программы вооружения Российской Федерации на период до 2020 года (ГПВ-2020) является [2, 3]:

- сбалансированное и комплексное развитие стратегических вооружений для решения задачи сдерживания от развязывания войны против Российской Федерации и ее союзников;

- поддержание в боеготовом состоянии существующих систем вооружений сил общего назначения для решения стоящих перед войсками (силами) задач посредством их перевооружения на современные образцы ВВТ;

- развитие базовых военных технологий для наращивания научно-технического задела в интересах создания перспективных образцов ВВТ.

В качестве приоритетных направлений развития системы вооружения РФ приняты [5]:

- ядерные силы;
- силы и средства воздушно-космической обороны;
- системы связи и управления;
- системы радиоэлектронной борьбы;
- беспилотные летательные аппараты и роботизированные комплексы;
- военно-транспортная авиация;

- системы индивидуальной защиты военнослужащих;
- высокоточное оружие и средства борьбы с ним.

Исходя из целей ГПВ, определены целевые показатели (индикаторы), количественно отражающие состояние ВВТ в ходе реализации программных мероприятий. К ним относятся:

- доля современных и перспективных образцов ВВТ в боевом составе Вооруженных Сил;
- доля новых (со сроком службы менее 10 лет) образцов ВВТ в боевом составе Вооруженных Сил;
- доля исправных образцов ВВТ в боевом составе Вооруженных Сил;
- количество создаваемых современных и перспективных образцов ВВТ;
- темпы обновления парка ВВТ до 2020 года;
- количество создаваемых (развиваемых) базовых военных технологий.

На момент завершения ГПВ к 2020 году установлены нормативные требования для указанных выше целевых индикаторов.

Набор целевых индикаторов, безусловно, отражает количественно-качественное состояние Вооруженных Сил, однако они непосредственно не связаны с их боевыми возможностями и не позволяют оценить, как будут наращиваться эти боевые возможности и будут ли они достаточны для парирования военных угроз и обеспечения военной безопасности Российской Федерации на период до 2020 года.

Для этой цели в 46 ЦНИИ МО РФ разработан комплекс методик оперативной оценки возможностей системы вооружения Вооруженных Сил и ее функциональных подсистем, утвержденный начальником вооружения ВС РФ – заместителем Министра обороны РФ и рекомендованный к использованию при обосновании параметров Государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа [7].

В качестве обобщенных показателей боевых возможностей Вооруженных Сил и их функциональных подсистем (сил стратегического сдерживания, сил общего назначения на континентальных ТВД, морских сил общего назначения на океанских (морских) ТВД) рассматриваются показатели технической готовности ВВТ в составе этих подсистем и их боевой потенциал.

Ниже рассматривается дальнейшее развитие данного научно-методического аппарата с оценкой боевых потенциалов систем вооружения в рамках иерархической структуры Вооруженных Сил.

2. Система вооружения и боевой потенциал Вооруженных Сил

Схема расчета боевого потенциала Вооруженных Сил представляет собой иерархическую структуру, в которой боевой потенциал вышестоящей группировки определяется как взвешенная сумма боевых потенциалов, входящих в нее частей и подразделений с определенными весовыми коэффициентами (рисунок 1). Весовые коэффициенты определяются, как правило, экспертными методами [9, 10], либо на основе моделирования боевых действий группировки войск с оценкой влияния ее частей и подразделений на конечный результат [11].

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.

Для каждого образца ВВТ, входящего в номенклатуру системы вооружения, определяется его боевой потенциал $P_{ВВТ_i}$, ($i = \overline{1, n}$). Оценка боевого потенциала единичных образцов ВВТ осуществляется по определенным методикам, разработанным в каждом виде (роде) войск.

Боевой потенциал воинского формирования (ВФ) тактического уровня (подразделе-

ние, часть), оснащенного различными образцами ВВТ численностью $N_{ВВТ_i}$, представляется как линейная свертка боевых потенциалов образцов ВВТ с коэффициентами их значимости $\omega_i \geq 1$, характеризующими вклад образца ВВТ определенного типа в решение задач воинского формирования [4, 7]:

$$P_{ВФ} = \sum_{i=1}^n \omega_i P_{ВВТ_i} N_{ВВТ_i} = \sum_{i=1}^m P'_{ВВТ_i} N_{ВВТ_i}, \quad (1)$$

где $P'_{ВВТ_i} = \omega_i P_{ВВТ_i}$ – скорректированное значение боевого потенциала образца ВВТ i -го типа с учетом его значимости в составе ВФ.

Коэффициенты значимости образцов ВВТ ω_i определяются экспертными методами. Наиболее распространенным на практике является метод Т.Саати [10], использующий процедуру попарного сравнения образцов ВВТ в шкале отношений с оценкой влияния их на боевые возможности ВФ верхнего уровня. Применение этого метода во многих прикладных задачах показывает его рациональность и адекватность.

Боевой потенциал группировки войск, состоящей из нескольких разнородных ВФ, каж-

дая из которых имеет расчетный боевой потенциал $P_{ВФ_j}$, определяется как линейная свертка боевых потенциалов ВФ с весовыми коэффициентами ω_j , характеризующими их вклад в решение задач группировки войск:

$$P_{ГВ} = \sum_{j=1}^m \omega_j P_{ВФ_j} N_{ВФ_j} = \sum_{j=1}^m P'_{ВФ_j} N_{ВФ_j}, \quad (2)$$

где $N_{ВФ_j}$ – число однородных воинских формирований j -го типа;

$P'_{ВФ_j}$ – скорректированное значение боевого потенциала ВФ j -го типа.

Далее везде мы будем использовать значения боевых потенциалов с учетом коэффициентов значимости в составе ВФ верхнего уровня с сохранением обычных обозначений $P_{ВВТ}, P_{ВФ}, P_{ГВ}$.

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

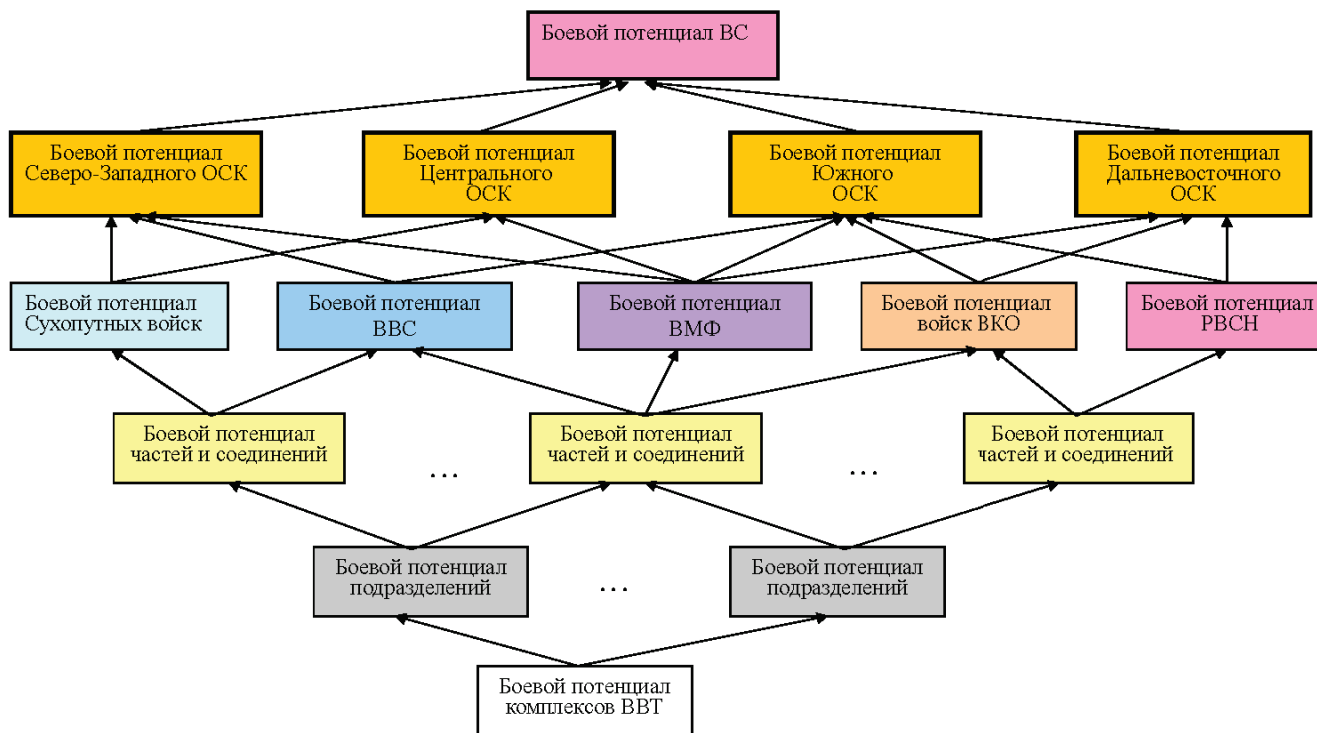


Рисунок 1 – Схема расчета боевого потенциала системы вооружения

Такой подход позволяет с единых позиций последовательно оценивать все уровни системы вооружения с учетом имеющихся взаимосвязей между ними.

Следующим этапом является установление соотношения между боевыми возможностями образцов ВВТ, воинскими формированиями различного уровня и целевыми индикаторами, характеризующими уровень технического оснащения Вооруженных Сил, достигнутый при реализации ГПВ.

В соответствии с методикой, изложенной в работе [8], боевой потенциал ВФ выражается через целевые индикаторы, представленные коэффициентами:

- оснащенности K_0 воинского формирования ВВТ относительно штатной численности;
- современности K_C , характеризующего долю современного ВВТ в составе воинского формирования;
- исправности $K_{И}$, характеризующего долю исправного ВВТ в составе воинского формирования.

Это выражение для ВФ, оснащенного однотипными образцами ВВТ, имеет следующий вид:

$$P_{ВФ} = P_{ВВТ} N_{ВВТ} = P_{ВВТ}^C K_{И}^C N_{ВВТ}^C + P_{ВВТ}^Y K_{И}^Y N_{ВВТ}^Y,$$

где $P_{ВВТ}^C, P_{ВВТ}^Y$ – боевые потенциалы современных и устаревших образцов ВВТ в составе ВФ;

$K_{И}^C, K_{И}^Y$ – коэффициенты исправности современных и устаревших образцов ВВТ в составе ВФ.

Эффективность реализации программных мероприятий по данной номенклатуре ВВТ естественно характеризовать соотношением достигнутого и требуемого эффектов:

$$V_{ВВТ} = \frac{P_{ВФ}}{P_{ВФ}^T} = \frac{P_{ВВТ} N_{ВВТ}}{P_{ВВТ}^T N_{ВВТ}^T} = K_0 \frac{P_{ВВТ}}{P_{ВВТ}^T} = K_0 \frac{P_{ВВТ}^C K_{И}^C K_C + P_{ВВТ}^Y K_{И}^Y (1 - K_C)}{P_{ВВТ}^C K_{И}^C K_C^T + P_{ВВТ}^Y K_{И}^Y (1 - K_C^T)} \quad (3)$$

Для исключения в выражении (3) абсолютных значений боевых потенциалов образцов ВВТ перейдем к относительной их оценке с помощью коэффициента соизмерения

$$K^Э = \frac{P_{ВВТ}}{P_{ВВТ}^Э}$$

относительно эталонного образца. За эталон может быть выбран зарубежный образец ВВТ из данной номенклатуры.

Тогда выражение (3) примет окончательный вид:

$$V_{ВВТ} = \frac{P_{ВВТ} N}{P_{ВВТ}^T N^T} = K_0 \frac{P_{ВВТ}}{P_{ВВТ}^T} = K_0 \frac{K_{ВВТ}^{ЭC} K_{И}^C K_C + K_{ВВТ}^{ЭY} K_{И}^Y (1 - K_C)}{K_{ВВТ}^{ЭC} K_{И}^C K_C^T + K_{ВВТ}^{ЭY} K_{И}^Y (1 - K_C^T)} \quad (4)$$

где $K_{ВВТ}^{ЭC}, K_{ВВТ}^{ЭY}$ – коэффициенты соизмерения современных и устаревших образцов с эталонным образцом ВВТ.

Показатель $V_{ВВТ}$ количественно оценивает полученный эффект при реализации программных мероприятий для определенной номенклатуры ВВТ с учетом частных показателей оснащенности, современности и исправности ВВТ.

Аналогичный показатель можно получить по всей номенклатуре ВВТ в составе воинского формирования:

$$V_{ВФ} = \frac{P_{ВФ}}{P_{ВФ}^T} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ВВТ_i} N_{ВВТ_i}}{\sum_{i=1}^n P_{ВВТ_i}^T N_{ВВТ_i}^T} = \sum_{i=1}^n \alpha_{ВВТ_i} V_{ВВТ_i} \quad (5)$$

где $\alpha_{ВВТ_i} = \frac{P_{ВВТ_i}^T N_{ВВТ_i}^T}{\sum_{i=1}^n P_{ВВТ_i}^T N_{ВВТ_i}^T}$ – требуемая доля образцов ВВТ i -й номенклатуры в составе ВФ.

Коэффициенты $0 < \alpha_{ВВТ_i} \leq 1, \sum_{i=1}^n \alpha_{ВВТ_i} = 1$ характеризуют требуемую структуру вооружения воинского формирования.

Боевой потенциал группировки войск определяется выражением (2):

$$P_{ГВ} = \sum_{j=1}^m P_{ВФ_j} N_{ВФ_j}.$$

Отношение реализованного боевого потенциала к требуемому боевому потенциалу группировки войск есть показатель результативности ГПВ в части оснащения ВВТ группировки войск:

$$V_{ГВ} = \frac{P_{ГВ}}{P_{ВВТ}^T} = \sum_{j=1}^m \beta_{ВФ_j} V_{ВФ_j}, \quad (6)$$

где $\beta_{ВФ_j} = \frac{P_{ВФ_j}^T N_{ВФ_j}^T}{\sum_{j=1}^n P_{ВФ_j}^T N_{ВФ_j}^T}$ – требуемая доля ВФ

j -го типа в составе группировки войск, характеризующая ее потребную структуру.

Показатели $V_{ВВТ}, V_{ВФ}, V_{ГВ}$ образуют иерархическую систему показателей результативности программных мероприятий, позволяющую производить планирование, контроль и оценку реализации ГПВ на различных уровнях управления развитием системы вооружения.

3. Оценка потребных ресурсов для государственной программы вооружения

Реализация программных мероприятий ГПВ требует привлечения широкого спектра различных ресурсов (материальных, финансовых, трудовых, информационных, интеллектуальных). Объективная оценка потребностей в этих ресурсах представляет собой сложнейшую научную и практическую задачу, корректное решение которой далеко от полной завершенности.

Сложность этой задачи связана, прежде всего, с неоднородностью ресурсов, используемых в процессе разработки и производстве ВВТ, и трудностью их соизмерения в единой шкале [12]. Если затраты материальных и трудовых ресурсов более или менее точно могут быть выражены в стоимостной шкале, то для информационных, интеллектуальных и временных ресурсов такое соизмерение является достаточно проблематичным. Концепт «вре-

мя – деньги» не всегда соответствует природе реальных процессов.

Другим аспектом является отсутствие однозначных и точных зависимостей между *затратами* ресурсов и достигаемым *эффектом*, что также осложняет получение адекватных оценок потребных ресурсов для достижения желаемого эффекта. Эти две причины являются фундаментальными, и именно они во многом определяют недостаточную эффективность программно-целевого планирования развития ВВТ.

Несмотря на то, что в военной и экономической науке существуют теоретически обоснованные и апробированные военно-технические и экономико-математические модели развития систем вооружения и военного производства (см., например, [12-14]), они редко используются на практике. Основной причиной является сложность определения параметров и настройки этих моделей для конкретных военно-экономических условий. Поэтому важным направлением совершенствования методологии и методов программно-целевого планирования является создание единой системы исходных данных и базы знаний для моделирования и прогнозирования процессов развития систем вооружения в рамках интеллектуальных систем поддержки решений [15].

В прогнозных технико-экономических исследованиях достаточно часто используются модели, отражающие зависимость стоимости C разработки и производства образцов ВВТ от их военно-технического уровня V в виде степенной зависимости (см., например, [12, 17]):

$$C(t) = AV^{\frac{1}{\alpha(t)}}, \quad (7)$$

где A – параметр масштаба;

$0 < \alpha(t) < 1$ – параметр эластичности, характеризующий темп роста стоимости в зависимости от роста военно-технического уровня ВВТ, и изменяющийся с течением времени.

В работах Гальченко А.В и Тегина В.А. [18, 19] в результате обработки большого объема статистического материала получены

регрессионные зависимости типа (7) для удельной стоимости образцов авиационной техники и бронетехники от уровня их боевых возможностей и времени их производства. Эти зависимости подкрепляют вывод о наличии определенных закономерностей в развитии военной техники [20]. В частности, такой закономерностью является развитие военной техники согласно логистическому закону [12, 16, 17], частным случаем которого является зависимость (7).

Функция $V = AC^{\alpha(t)}$, обратная (7) и характеризующая зависимость военно-технического уровня ВВТ от стоимости его создания, в военно-экономическом анализе трактуется как *функция полезности продукта*. При $\alpha(t) < 1$ эта функция является вогнутой и отражает действие экономического закона, согласно которому «прирост полезности вещей по мере роста их стоимости убывает» [21].

Далее используем эту функцию для оценки и прогнозирования затрат на разработку и производство ВВТ при обосновании параметров ГПВ. При этом в качестве показателя полезности целесообразно использовать боевой потенциал образца ВВТ, так как именно этот агрегированный показатель наиболее адекватно отражает целевое назначение ВВТ.

Для оценки потребных для реализации ГПВ ресурсов необходимо использовать экономико-математические модели производства военной продукции, позволяющие оценить стоимость продукции и время, необходимое для его производства.

Государственная программа вооружения формируется на определенный период времени T и реализуется в рамках Государственного оборонного заказа (ГОЗ) по годам программного периода $t = 1, 2, \dots, T$. К концу программного периода должны быть достигнуты все количественно-качественные показатели по перспективным разработкам (НИР, НИОКР), закупке и ремонту ВВТ. Их реализа-

ция должна обеспечить требуемую численность, номенклатуру и качество ВВТ для оснащения ВС.

В процессе реализации ГПВ распределение ресурсов осуществляется неравномерно по годам программного периода. Это связано с тем, что производственный цикл промышленной продукции состоит из ряда последовательных этапов (подготовка и запуск производства, выход на стационарный режим производства, стационарный режим производства), которые имеют различную продолжительность и требуют определенных затрат финансовых, материальных и кадровых ресурсов.

В качестве экономико-математической модели производственного цикла используют логистические модели, описывающие нелинейную динамику выпуска продукции во времени [12, 22, 23]. Одна из таких моделей для производительности технологического процесса имеет вид:

$$q(t) = \frac{dQ}{dt} = q_{max} \left[1 - \exp\left(\frac{-t^2}{2\theta^2}\right) \right], \quad (8)$$

где $Q(t)$ – объем выпуска продукции за время t ;

θ – параметр, характеризующий инерционность технологического процесса;

q_{max} – максимальный объем выпуска продукции за единицу времени (производственная мощность предприятия).

На рисунке 2 приведены графики изменения производительности $q(t)$ во времени, рассчитанные по модели (8) при значениях параметра $\theta = 2, 3, 5$; $\theta_m = 3$.

Параметры производственной функции $q(t)$ можно определить по статистическим данным и годовой отчетности промышленных предприятий.

Пример 1. Рассмотрим годовую производственную программу предприятия, данные которой представлены в таблице 1.

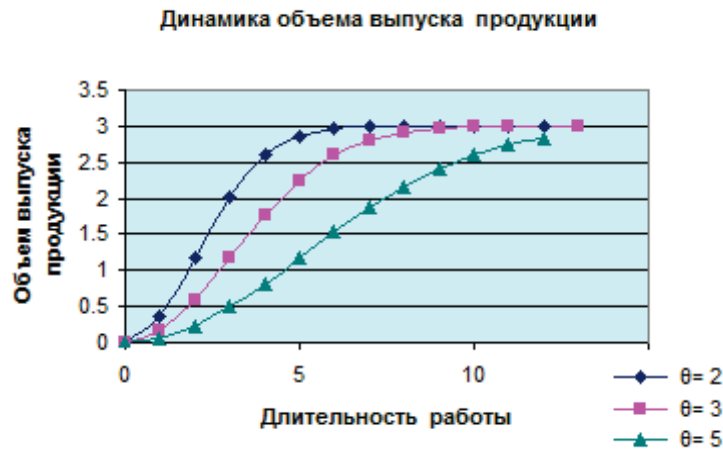


Рисунок 2 – Графики зависимости производительности производства во времени

Таблица 1.

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объем выпуска	0,5	0,8	1	1,3	2	2,5	3,2	3,4	3,8	4	3,9	4
Результаты моделирования												
Производительность q(t)	0,13	0,48	1,01	1,61	2,21	2,75	3,18	3,49	3,71	3,84	3,92	3,96

В результате статистического анализа исходных данных получены следующие параметры модели: $\theta=15,5$; $q_{max}=4$. На рисун-

ке 3 показаны графики реализации производственной программы и результатов ее моделирования.

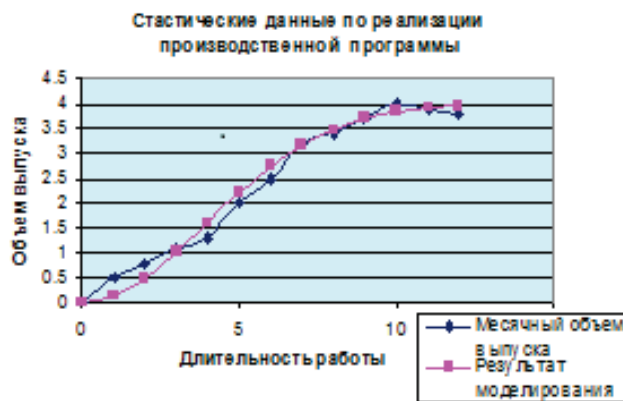


Рисунок 3 – Графики реализации эмпирической производственной программы и результатов ее моделирования

Среднее значение ошибки аппроксимации составляет $\bar{\Delta}=-0,01$; СКО ошибки аппроксимации равно $\sigma_{\Delta}=0,21$; коэффициент детерминации составляет $R^2=0,98$. Эти данные свидетельствуют о высокой степени адекватности полученной модели производственной функции.

Логистические модели также используются при описании динамики суммарных и текущих затрат $C(t)$ на выполнение определенного

проекта (программы) в течение заданного времени T при заданном бюджете C_n [23]. Примером такой модели является выражение:

$$C(t) = C_n \left(\frac{t}{T} \right)^\alpha \exp \left[\alpha \left(1 - \frac{t}{T} \right) \right], \quad (9)$$

где α – параметр, характеризующий интенсивность затрат в процессе производства.

Выражение (9) получается из дифференциальной логистической модели:

$$\frac{dC}{dt} = \alpha \frac{C_n}{T} \frac{C}{t} (T-t) \quad (10)$$

путем ее интегрирования при начальных условиях $t=0$; $C(t=0)=0$.

Эта модель позволяет распределять располагаемый бюджет расходов C_n по моментам $t=1,2,\dots,T$ планового периода.

На рисунке 4 показаны графики зависимости суммарных $C(t)$ и текущих $C_1(t)=C(t+1)-C(t)$ расходов, рассчитанных по модели (9) при $\alpha=2$; $T=2$.

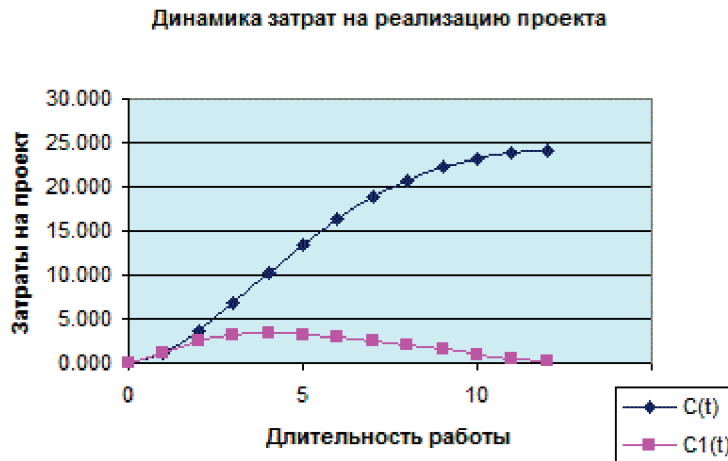


Рисунок 4 – Графики зависимости суммарных и текущих затрат в процессе производства продукции

Для планирования объемов выпуска военной продукции в рамках ГОЗ необходимо по каждому производителю конечной продукции иметь модель (8) объемов выпуска продукции по месяцам или кварталам. Это позволяет оценить возможности предприятий ОПК по текущему q_t , ($t=1,2,\dots,T$) и суммарному выпуску продукции $Q(T)=\sum_{t=1}^T q_t$ в течение заданного планового периода T . Зная суммарный объем выпуска продукции, можно оценить изменение средней себестоимости единицы продукции \bar{c}_t во времени:

$$\bar{c}_t = c_1 + \frac{C_0}{Q(t)}, \quad (11)$$

где C_0, c_1 – планируемые условно постоянные (накладные) и условно переменные затраты на производство продукции.

Текущая себестоимость продукции в этом случае составит

$$S_t = \bar{c}_t q_t. \quad (12)$$

Для обеспечения бесперебойного производства продукции в план ГОЗ необходимо заложить соответствующие объемы финансирования C_t с уровнем рентабельности R не ниже среднего по отрасли индекса инфляции. Тогда в течение планового периода T предприятие произведет суммарный объем продукции $Q(T)$, для финансирования которого потребуется суммарный бюджет программы:

$$C(T) = \sum_{t=1}^T R_t \bar{S}_t. \quad (13)$$

Выражение (13) связывает потребный объем финансирования выпуска продукции в течение планового периода при заданных производственных возможностях предприятия-исполнителя ГОЗ.

Таким образом, на основе производственной модели предприятия может быть получена модель финансирования его производственной деятельности в течение планового периода. Рассмотренная задача относится к классу прямых задач.

Возможна постановка обратной задачи, которая состоит в формировании рациональной производственной программы предприятия q_t , ($t=1,2,\dots,T$) при заданном распределении имеющихся финансовых ресурсов $C(T)$ по годам программного периода C_t с сохранением баланса (13)

$$C(T) = \sum_{t=1}^T C_t. \quad (14)$$

При известном объеме финансирования C_t на данный момент времени и средней себестоимости единицы продукции \bar{c}_t из формул (12), (13) определяется необходимый объем выпуска q'_t с учетом требуемой рентабельности производства

$$q'_t = \frac{C_t}{R_t \bar{c}_t}.$$

Далее с помощью модели (8) проверяется, может ли быть реализован данный объем производства предприятием. Здесь возможны три варианта.

1) $q'_t \leq q_t$. Это означает, что предприятие обеспечивает производство требуемого объема продукции без дополнительных мероприятий.

2) $q_t < q'_t \leq q_{max}$. В этом случае предприятию требуется дополнительное время τ для выхода на заданную производственную мощность.

Это время можно найти из уравнения (8):

$$\tau_t = \theta \sqrt{-2 \ln \left(1 - \frac{q'_t}{q_{max}} \right)}. \quad (15)$$

Общий сдвиг программы выпуска продукции составит:

$$\tau = \sum_{t=1}^T \tau_t.$$

3) $q'_t > q_{max}$. В этом случае предприятию необходимо дополнительное время и ресур-

сы для увеличения своей производственной мощности.

При известном параметре производственной функции θ максимальная производственная мощность предприятия составит:

$$q_{max} = \max_{1 \leq t \leq T} \left\{ \frac{q'_t}{\left[1 - \exp \left(-\frac{t^2}{2\theta^2} \right) \right]} \right\}. \quad (16)$$

В результате реализации первого варианта общий объем произведенной продукции на конец программного периода T составит

$$Q'(T) = \sum_{t=1}^T q'_t.$$

Для двух других вариантов общий объем произведенной продукции на конец программного периода будет меньше требуемого $Q(T) < Q'(T)$.

Подобный результат нередко наблюдался в ходе реализации ГПВ-2015 и ГПВ-2020.

Продемонстрируем изложенный выше подход к оценке производственных возможностей предприятий на примере.

Пример 2. В рамках примера 1 найдем распределение потребного финансирования производственной программы. При этом считаются известными условно постоянные (накладные) затраты при реализации программы $C_0 = 12$ у.е., прямые затраты на производство единицы продукции $c_1 = 0,8$ у.е. и заданный уровень рентабельности $R = 1,15$.

Суммарный объем выпуска за плановый период равен $Q(T) = 30,2$ ед., где дробная часть характеризует производственный задел. Себестоимость единицы продукции составляет $\bar{c} = \frac{12}{30} + 0,8 = 1,2$ у.е.

Потребный годовой объем финансирования программы производства составляет $C(T) = 41,6$, а его распределение по месяцам показано в таблице 2.

Таблица 2.

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Потребный объем выпуска	0,5	0,8	1	1,3	2	2,5	3,2	3,4	3,8	4	3,9	4
Потребный объем финансирования	0,69	1,10	1,51	1,79	2,75	3,44	4,41	4,68	5,09	5,51	5,37	5,23

Пример 3. Задан объем годовой производственной программы (таблица 3). Требуется в условиях примера 2 оценить объем производства продукции в рамках данного финансирования.

Распределение объемов выпуска по месяцам показано во второй строке таблицы 3. Годовой объем выпуска продукции равен

Таблица 3.

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заданный объем финансирования	0	0,69	1,10	1,51	1,79	2,75	3,44	4,41	4,68	5,09	5,51	5,37
Объем выпуска	0,36	0,80	1,10	1,30	1,82	2,32	2,98	3,27	3,70	4,0	3,90	3,80
Себестоимость производства	0,60	0,96	1,32	1,56	2,39	2,99	3,83	4,07	4,43	4,79	4,67	4,55
Потребный объем выпуска	0,5	0,8	1	1,3	2	2,5	3,2	3,4	3,8	4,0	3,9	4,0
Рентабельность производства	0	0,84	1,25	1,21	1,28	1,04	1,07	1,07	1,11	1,17	1,15	1,22

Как видно из расчетов, несмотря на изменение текущей рентабельности, средняя рентабельность производства остается неизменной по условию примера:

$$R = \frac{C(T)}{S(T)} = \frac{36,16}{41,5} = 1,15.$$

Данный пример показывает, что на практике возможно отклонение реального финансирования производства от потребного уровня. Главным условием является выполнение заданной производственной программы и согласованный в контракте средний уровень его рентабельности.

4. Оптимизация контрактных цен на продукцию военного назначения

Потребный бюджет ГПВ зависит от объемов и цены закупки военной продукции. При формировании начальной контрактной цены необходимо учитывать как потребности Министерства обороны, так и возможности

$Q(T) = 29,3$ ед. Если план выпуска, предусмотримый программой (таблица 1) остается неизменным, и предприятие может его выполнить, то изменится его текущая рентабельность. Значения текущей рентабельности производства показаны в четвертой строке таблицы 3.

производителей с точки зрения обеспечения их рентабельности [2, 3, 15, 24]. При заключении контракта на выполнение ГОЗ в обязательном порядке должны анализироваться производственные возможности предприятия с оценкой точки безубыточности производства.

Стоимость закупки пропорциональна объему закупаемой продукции N и цене закупки p единицы продукции

$$C(N) = pN. \tag{17}$$

Приравняв стоимость закупки к стоимости производства военной продукции (12), получаем критический объем закупки, при котором обеспечивается безубыточность производства военной продукции:

$$N_{\text{ГП}} = \frac{C_0}{p - c_1}. \tag{18}$$

Этот объем продукции называется точкой безубыточности производства.

Для развития производства должна быть обеспечена его определенная рентабельность.

$$R = \frac{C(N)}{S(N)}. \quad (19)$$

В соответствии с Федеральным законом №275-ФЗ от 29.12.2012 г. «О государственном оборонном заказе» установлен максимальный порог рентабельности предприятий-производителей военной продукции по ГОЗ в 20%. Отсюда следует, что цена закупки военной продукции не должна превышать величины

$$p \leq 1,2 \left(\frac{C_0}{N} + c_1 \right) \text{ и быть ниже стоимости производства единицы продукции } p \geq \left(\frac{C_0}{N} + c_1 \right).$$

При заключении контракта на исполнение ГОЗ заказчик стремится уменьшить цену закупки p образца ВВТ при сохранении требуемого объема закупки N_{TP} , а производитель стремится обеспечить себе максимально возможную рентабельность [24, 25].

Это можно осуществить за счет снижения условно постоянных затрат C_0 при заданном объеме производства N , либо увеличения объема производства при сохранении условно постоянных затрат, либо одновременного увеличения объема производства и снижения условно постоянных затрат. Снижение прямых затрат на единицу продукции c_1 не рассматривается, поскольку это практически невозможно при сложившейся конъюнктуре цен на материалы, комплектующие и уровне оплаты труда работников.

Таким образом, задача формирования цены контракта на закупку ВВТ является *игровой*. В результате мы имеем следующие целевые установки для экономических агентов:

Заказчик: $C = pN \rightarrow \min ; N \geq N_{TP}.$

Производитель: $R = \frac{pN}{C_0 + c_1 N} = \hat{R} ; N \geq N_{TP}.$

В соответствии с теорией игр [26] возникает задача поиска равновесных стратегий

заказчика и производителя, удовлетворяющих их целевым установкам.

Заказчик согласно своей целевой функции реализует только одну стратегию – снижение цены закупки на величину Δp при сохранении требуемого объема закупок.

Производитель может реализовать три стратегии.

Стратегия № 1. Сокращение накладных расходов при сохранении требуемого объема производства.

Из равенства

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial C_0} \Big|_{N=N_{TP}} \Delta C_0 + \frac{\partial R}{\partial p} \Big|_{N=N_{TP}} \Delta p = 0$$

получаем требуемое соотношение для относительных приращений цены продукции и стоимости накладных затрат:

$$\frac{\Delta C_0}{C_0} = \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}. \quad (20)$$

Стратегия № 2. Увеличение объема производства при сохранении уровня накладных затрат.

Из равенства

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial N} \Big|_{N=N_{TP}} \Delta N + \frac{\partial R}{\partial p} \Big|_{N=N_{TP}} \Delta p = 0$$

получаем требуемое соотношение для относительных приращений цены продукции и объема производства:

$$\frac{\Delta N}{N_{TP}} = - \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}. \quad (21)$$

Стратегия № 3. Одновременное снижение накладных затрат и увеличение объема закупок.

Эта стратегия формируется из первых двух путем их линейной композиции с параметром $0 \leq \gamma \leq 1$:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta C_0}{C_0} &= \gamma \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}; \\ \frac{\Delta N}{N_{TP}} &= (1 - \gamma) \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}; \\ \frac{\Delta C_0}{C_0} + \frac{\Delta N}{N_{TP}} &= \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}. \end{aligned} \quad (22)$$

Реализация перечисленных выше стратегий также требует от производителя определенных затрат.

Например, сокращение накладных затрат C_0 связано прежде всего с сокращением административного и управленческого персонала, затрат на рекламу, спонсорскую помощь и др. Все это неизбежно приводит к некоторым дополнительным расходам b_1 на единицу снижения накладных затрат (например, выплата выходного пособия уволенному работнику).

Увеличение объема закупок также приводит к дополнительным расходам b_2 , связанным с закупкой дополнительного технологического оборудования, увеличением производственного персонала, стимулированием труда и др.

В том и другом случае менеджмент предприятий вынужден решать задачу минимизации дополнительных расходов на реструктуризацию предприятия:

$$\Delta C_p = b_1 \frac{\Delta C_0}{C_0} + b_2 \frac{\Delta N}{N_{TP}} \rightarrow \min$$

при ограничениях $R(N) = \hat{R}$.

Решение этой элементарной задачи линейного программирования имеет вид:

$$\frac{\Delta C_0}{C_0} = \begin{cases} d, & b_2 > b_1; \\ 0, & b_2 < b_1; \end{cases} \quad \frac{\Delta N}{N_{TP}} = \begin{cases} 0, & b_2 > b_1; \\ d, & b_2 < b_1; \end{cases} \quad (23)$$

где $d = \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0}\right) \frac{\Delta p}{p}$.

Отсюда следует, что выбор стратегий реструктуризации производства должен производиться с учетом минимума затрат на ее реализацию.

Рассмотрим несколько примеров, иллюстрирующих содержание решаемых задач при формировании цены контракта.

Пример 4. Производство некоторого образца ВВТ характеризуется следующими параметрами: $C_0 = 50$ у.е., $c_1 = 5$ у.е. Заказчик готов произвести закупку изделий в объеме $N_{TP} = 20$ ед. по цене $p = 8$ у.е. Требуется оце-

нить рентабельность производства и направления его реструктуризации.

Решение. По формуле (19) рассчитываем рентабельность предприятия

$$R = \frac{8 \cdot 20}{50 + 5 \cdot 20} = \frac{160}{150} = 1,07.$$

Для увеличения рентабельности предприятие готово сокращать накладные расходы и увеличивать объем производства. Соотношение затрат на указанные мероприятия состав-

ляют $\frac{b_2}{b_1} = 2$.

Требуется определить стратегию реструктуризации производства.

Находим верхнюю цену закупки образца ВВТ, гарантирующую максимально возможную рентабельность производства $\hat{R} = 1,2$.

$$p = 1,2 \left[\frac{C_0}{N_{TP}} + c_1 \right] = 1,2 \left(\frac{50}{20} + 5 \right) = 9 \text{ у.е.}$$

Рассчитываем величину d :

$$d = \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p} = \left(1 + \frac{5 \cdot 20}{50} \right) \frac{1}{9} = \frac{1}{3}.$$

Так как затраты на увеличение объема производства превышают затраты на сокращение накладных расходов $\left(\frac{b_2}{b_1} > 1\right)$, то оптимальной стратегией реструктуризации является сокращение накладных расходов на величину

$$\frac{\Delta C_0}{C_0} = d = \frac{1}{3} \text{ до уровня } C'_0 = 33,3 \text{ у.е.}$$

Проверяем, достигается ли при этом максимальная рентабельность производства:

$$R = \frac{p N_{TP}}{C'_0 + c_1 N_{TP}} = \frac{8 \cdot 20}{33,3 + 5 \cdot 20} = \frac{160}{133,3} = 1,2.$$

Пример 5. Изменим условия примера 2, приняв соотношение затрат $\frac{b_2}{b_1} = \frac{1}{2}$. В этом

случае предприятию более выгодно уве-

личить объем производства продукции $\frac{\Delta N_0}{N_{TP}} = d = \frac{1}{3}$ до величины $N' = 27$ ед.

В этом случае также достигается максимально возможная рентабельность

$$R = \frac{pN'}{C_0 + c_1 N'_{TP}} = \frac{8 \cdot 27}{50 + 5 \cdot 27} = \frac{216}{185} = 1,17.$$

Незначительное отклонение от максимального значения рентабельности обусловлено округлением объема производства до целого числа.

На практике вторая стратегия не всегда реализуема, так как ограничена возможностями финансирования закупки продукции. Так, при бюджете заказчика в размере $C_5 = pN_{TP} = 160$ у.е., он не в состоянии профинансировать закупку в объеме $C_3 = pN' = 216$ у.е. В этом случае у производителя остается только стратегия снижения накладных расходов.

Рассмотренная задача формирования оптимальной цены контракта на закупку ВВТ является актуальной при формировании ГОЗ.

5. Оптимальное распределение бюджета ГПВ по уровням системы вооружения

Заключительным этапом после формирования бюджета ГПВ является его распределение по уровням системы вооружения, начиная с верхнего ее уровня. Используя зависимость (7) для показателей боевого потенциала, получаем следующую задачу распределения ресурсов на стратегическом уровне системы вооружения:

требуется распределить бюджет программы вооружения $C_{ГПВ}$ по номенклатуре образцов и комплексов ВВТ, типовых ВФ, включая оперативно-стратегические группировки, виды и рода войск, входящие в состав Вооруженных Сил, и реализующих их максимальный боевой потенциал:

$$P_{BC} = \sum_{j=1}^m P_{ГВ_j}(C_{ГВ_j}) \rightarrow \max; \quad (24)$$

$$\sum_{j=1}^m C_{ГВ_j} \leq C_{ГПВ},$$

где $P_{ГВ_j}(C_{ГВ_j}) = AC_{ГВ_j}^{\alpha_j}$ – боевой потенциал j -й оперативно-стратегической группировки войск.

Решение этой задачи методом Лагранжа дает оптимальные значения объемов финансирования группировок войск:

$$C'_{ГВ_j} = \frac{\alpha_j P_{ГВ_j}}{\sum_{j=1}^m \alpha_j P_{ГВ_j}} C_{ГПВ}; \quad (j = \overline{1, m}). \quad (25)$$

Далее используя величину $C'_{ГВ_j}$ в качестве бюджета для формирования заданной группировки войск, ставим задачу на его оптимальное распределение по воинским формированиям с учетом их численности n в составе группировки:

$$P_{ГВ} = \sum_{k=1}^l n_k P_{ВФ_k}(C_{ВФ_k}) \rightarrow \max; \quad (26)$$

$$\sum_{k=1}^l n_k C_{ВФ_k} \leq C_{ГВ}.$$

Решение данной задачи имеет вид:

$$C'_{ВФ_k} = \frac{\alpha_k n_k P_{ВФ_k}}{\sum_{k=1}^l \alpha_k n_k P_{ВФ_k}} C_{ГВ}. \quad (27)$$

Снова принимая $C'_{ВФ_i}$ в качестве бюджета для оснащения воинского формирования, получаем задачу на его оптимальное распределение по типуажу и численности образцов ВВТ:

$$P_{ВФ} = \sum_{i=1}^n N_{ВВТ_i} P_{ВВТ_i}(C_{ВВТ_i}) \rightarrow \max; \quad (28)$$

$$\sum_{i=1}^n N_i C_{ВВТ_i} \leq C_{ВФ}.$$

Решение имеет вид:

$$C'_{ВВТ_i} = \frac{\alpha_i N_{ВВТ_i} P_{ВВТ_i}}{\sum_{i=1}^n \alpha_i N_{ВВТ_i} P_{ВВТ_i}} C_{ВФ}. \quad (29)$$

Таким образом, начиная с верхнего уровня иерархии системы вооружения и спускаясь

вниз, последовательно получаем оптимальное распределение бюджета ГПВ по уровням системы вооружения.

Анализ полученных решений на каждом уровне (26), (27), (29) свидетельствует, что в основе оптимального распределения бюджета программы является *пропорциональное* распределение с учетом параметров интенсивности роста α боевых потенциалов ВВТ, воинских формирований и группировок войск при изменении финансирования программы вооружения. Принцип пропорционального распределения является одним из принципов оптимальности [27].

Некоторые образцы и комплексы ВВТ, входящие в систему вооружения определенного вида (например, авиационные комплексы МиГ-29, Су-27 фронтовой авиации), используются и в интересах других систем вооружения, видов и родов войск (сил). Поэтому

бюджеты ГПВ для этих видов и родов войск (сил) являются дополнительными источниками финансирования для закупки, ремонта и модернизации таких комплексов в ГПВ. Объемы финансирования должны быть также пропорциональны показателям боевых возможностей этих комплексов для решения задач данного вида (рода) войск (сил).

Заключение

Рассмотренный в статье методический подход и комплекс методик позволяет решать задачу оптимального распределения ресурсов при формировании ГПВ и ГОЗ, обеспечивающих, с одной стороны, достижение требуемого боевого потенциала Вооруженных Сил при выделенном бюджете, а, с другой, – создание условий для рентабельного производства военной продукции и дальнейшего развития производственного потенциала предприятий-исполнителей ГОЗ.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М.Московского. – М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 2004.
2. Буренок В.М. Современные проблемы планирования развития системы вооружения РФ и направления их развития // Вооружение и экономика. – 2010. – № 4 (12).
3. Лавринов Г.А., Косенко А.А., Бабкин Г.В. Экономические аспекты военно-технической политики Российской Федерации на современном этапе. – М.: Граница, 2012.
4. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. Части 1, 2 / Под ред. В.М.Буренка. – М.: Граница, 2013.
5. Фролов А. О распределении государственного оборонного заказа по видам вооруженных сил // Военно-промышленный курьер. – 2012. – № 21 (438).
6. Останков В., Лапунов П. Главная задача – создание качественно новой системы анализа и программно-целевого планирования строительства и развития ВС РФ // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 34 (502).
7. Комплекс методик оперативной оценки возможностей системы вооружения Вооруженных Сил и ее функциональных подсистем при обосновании параметров Государственной программы вооружения и Государственного оборонного заказа. Утвержден начальником вооружения ВС РФ – заместителем Министра обороны РФ 22 сентября 2006 г.
8. Буравлев А.И., Гладышевский В.Л., Пьянков А.А. Методика формирования агрегированного показателя эффективности реализации ГПВ // Вооружение и экономика. – 2013. – №3 (24).
9. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы анализа. – М.: Статистика, 1978.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993.

11. Технология имитационного моделирования боевых действий / Под ред. С.В.Ягольников. – Тверь: 2 ЦНИИ МО РФ, 2009.
12. Радвик Б. Военное планирование и анализ систем. – М.: Воениздат, 1973.
13. Макгуайр М.С. Моделирование при решении экономико-стратегических проблем (секретность и гонка вооружений) / Пер с англ. под ред. К.В.Тараканова – М.: Сов. радио, 1972.
14. Саати Т. Математические модели конфликтных ситуаций. – М.: Сов. радио, 1977.
15. Буренок В.М. Направления совершенствования методической базы обоснования проекта новой Государственной программы вооружения // Вооружение и экономика. – 2013. – № 1 (22).
16. Саркисян С.А., Акопов П.Л., Мельникова Г.В. Научно-техническое прогнозирование и программно-целевое планирование в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1987.
17. Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники. – М.: Физматлит, 2006.
18. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости боевых летательных аппаратов и численности ВВС стран мира // Вооружение и экономика. – 2012. – № 3 (19).
19. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости танков и численности боевого состава бронесил стран мира // Вооружение и экономика. – 2013. – № 1 (21).
20. Поздняков А.И. Система общих закономерностей развития военной техники как основа определения приоритетов в военно-технической политике // Вооружение и экономика. – 2013. – № 2 (22).
21. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. – М.: Наука, 1978.
22. Лебедев В.В., Лебедев К.В. Математическое и компьютерное моделирование экономики. – М.: НВТ-Дизайн, 2002.
23. Багриновский К.А., Бендиков М.А., Хрусталева Е.Ю. Современные методы управления технологическим развитием. – М.: РОСПЭН, 2001.
24. Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Инструменты управления ценообразованием при разработке и реализации плановых документов по созданию продукции военного назначения // Вооружение и экономика. – 2012. – № 1 (22).
25. Буравлев А.И., Иванцов Д.А. Оптимизация объемов закупок вооружения и военной техники с учетом стоимости и рентабельности их производства // Вооружение и экономика. – 2012. – № 3 (18).
26. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. – М.: Синтег, 2002.
27. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. – М.: Физматлит, 2007.