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

Методика военно-экономического анализа целесообразности закупки образцов вооружения и военной техники

Рассматривается постановка задачи определения минимальных затрат на оснащение воинских формирований «новыми» образцами ВВТ для достижения заданного приращения боевого потенциала воинского формирования в ходе реализации программных мероприятий и предлагается методика ее решения, основанная на применении целочисленного линейного программирования. Приведен пример, демонстрирующий работоспособность предложенной методики.

Развитие системы вооружения является одним из важнейших аспектов поддержания обороноспособности государства для сдерживания и парирования возможных угроз безопасности все чаще возникающих в последнее время.

В условиях постоянно увеличивающегося давления на российскую экономику с применением различных санкций и падения сырьевых рынков Правительство РФ вынуждено прибегать к финансовым ограничениям различного рода, в том числе к снижению расходов на обеспечение выполнения государственной программы вооружения (ГПВ).

В такой ситуации необходимо решать задачу перераспределения ресурсов между разными образцами ВВТ в процессе корректировки ГПВ. По сути, задача сводится к выбору ВВТ, подлежащих закупке в условиях финансовых ограничений.

Существует несколько подходов для выбора образцов, закупаемых в рамках реализации ГПВ:

1) образцы, закупка которых производится на основании различного рода директивных указаний (например, решение Президента РФ о закупке конкретного образца ВВТ в рамках ГПВ);

2) образцы, закупка которых обусловлена текущим состоянием предприятий ОПК (например, выпуск последней модификации образца ВВТ на заводе-изготовителе еще не налажен, поэтому закупается существующая модификация образца ВВТ, производимая предприятием).

Перечисленные подходы в большей степени относятся к единичным (уникальным) образцам ВВТ, таким как подводные лодки, надводные корабли, комплексы стратегических ядерных сил и т.д.

К массовым образцам ВВТ применим предлагаемый в статье подход по определению оптимального перечня закупаемых образцов ВВТ с учетом наложенных ограничений по финансированию и боевым возможностям оснащаемых подразделений по критерию «эффективность-стоимость» [1].

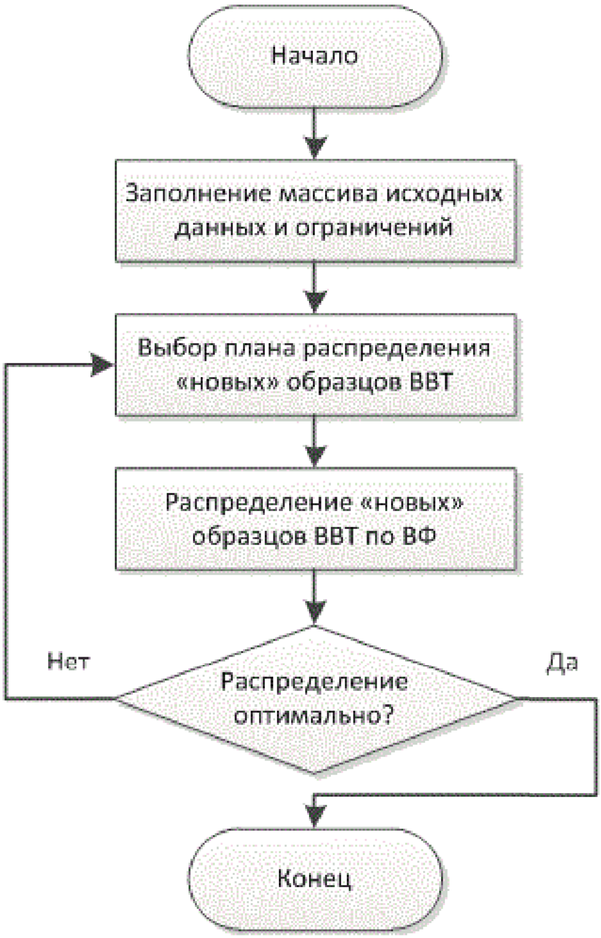
Таким образцом, необходимость решения задачи военно-экономического анализа целесообразности закупки образцов ВВТ в условиях финансовых и технологических ограничений становится весьма актуальной.

Для достижения поставленной цели предлагается использовать следующий подход. Определить минимальные затраты на оснащение воинских формирований «новыми» образцами ВВТ для достижения заданного приращения боевого потенциала воинского формирования. При этом необходимо учесть возможности предприятий ОПК по производству «новых» ВВТ, а также ограничения по численности «новых» ВВТ в соответствии с табелями к штатам воинских формирования для каждого типа ВВТ.

Для решения такой задачи необходимо использовать следующий набор исходных данных:

- численность каждого типа ВВТ в воинских формированиях в соответствии с табелями к штатам и нормами накопления в неприкосновенных запасах;
- стоимость закупки каждого типа ВВТ в соответствии с технико-экономическими исходными данными;
- возможности предприятий промышленности по производству «новых» ВВТ в соответствии с технико-экономическими исходными данными;
- коэффициенты боевого потенциала «новых» ВВТ.

Обобщенный алгоритм решения задачи оценки военно-экономической целесообразности производства «новых» образцов ВВТ приведен на рисунке 1.



В результате реализации алгоритма должно быть получено распределение «новых» образцов ВВТ по воинским формированиям, обеспечивающее заданное приращение боевого потенциала при наименьшей стоимости.

Формализованное (математическое) описание решаемой задачи состоит в следующем.

Исходными данными задачи являются:

$N_{ij}, (i=\overline{1,n}, j=\overline{1,m})$ – потребное количество образцов i-го типа ВВТ в соответствии с табелями к штатам и нормами накопления в неприкосновенных запасах для j-го оперативно-тактического ВФ, где n – число типов ВВТ, стоящих на вооружении ВФ; m – число различных ВФ;

K_i – коэффициент боевого потенциала i-го образца ВВТ: $K_i=1$ для «старых» образцов ВВТ; $K_i>1$ для «новых» образцов ВВТ;

$P_{ВФ_j}$ – расчетный боевой потенциал j-го оперативно-тактического ВФ;

C_i – стоимость закупки «нового» образца ВВТ;

M_i – располагаемое количество новых образцов ВВТ.

Обозначим x_{ij} количество «новых» ВВТ, необходимых для оснащения ВФ с целью повышения его боевого потенциала на заданную величину ε.

Найдем относительное приращение боевого потенциала ВФ за счет замены «старых» образцов ВВТ на «новые».

Для смешанного парка ВВТ боевой потенциал ВФ равен:

$$P_{ВФ_j}\left(x_{ij}\right)=\sum_{i=1}^{n} K_i x_{ij}+\sum_{i=1}^{n}\left(N_{ij}-x_{ij}\right).$$

Тогда относительное приращение боевого потенциала ВФ за счет оснащения его «новыми» ВВТ в количестве x_{ij} составит:

$$\frac{\Delta P_{ВФ_j}\left(x_{ij}\right)}{P_{ВФ_j}(0)}=\frac{P_{ВФ_j}\left(x_{ij}\right)-P_{ВФ_j}(0)}{P_{ВФ_j}(0)}=\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(K_i-1\right)x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} N_{ij}}.$$

Ставится задача: определить оптимальные объемы закупки «новых» образцов $X=\left(x_{ij}\right)_{n\times m}$ для оснащения ВФ, обеспечивающих повышение их боевого потенциала на заданную величину, при минимальной стоимости закупки:

$$C(X)=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_i x_{ij}\rightarrow\min_{x_i}$$

при ограничениях:

количество «новых» ВВТ *i*-й группы, необходимых для оснащения всех ВФ, не должно превышать располагаемое количество «новых» образцов ВВТ *i*-й группы:

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij}\leqslant M_i,\ \left(i=\overline{1,n}\right);$$

количество «новых» ВВТ *i*-й группы, необходимых для оснащения конкретного *j*-го ВФ, не должно превышать потребное количество образцов *i*-й группы ВВТ в соответствии с табелями к штатам и нормами накопления в неприкосновенных запасах для *j*-го ВФ:

$$x_{ij}\leqslant N_{ij}\ \left(i=\overline{1,n},\ j=\overline{1,m}\right);$$

относительное приращение боевого потенциала *j*-го ВФ за счет оснащения его «новыми» ВВТ в количестве x_{ij} $\left(i=\overline{1,n}\right)$ должно быть не менее заданной величины ε_j $\left(j=\overline{1,m}\right)$:

$$\frac{\Delta P_{ВФ_j}\left(x_{ij}\right)}{P_{ВФ_j}(0)}=\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(K_i-1\right)x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} N_{ij}}\geqslant\varepsilon_j,\ \left(j=\overline{1,m}\right).$$

Сформулированная задача является задачей целочисленного линейного программирования, для ее решения предлагается использовать один из известных и эффективных методов – симплекс-метод [2].

Отличительной особенностью сформулированной задачи является то, что коэффициент боевого потенциала K_i для «новых» образцов ВВТ *i*-й группы нормирован относительно однотипного «старого» образца, это позволяет при решении поставленной задачи равномерно учитывать вклад образцов разных типов в расчетный боевой потенциал ВФ.

Рассмотрим решение сформулированной задачи на конкретном примере. Исходные данные для примера представлены в таблице 1.

Составим исходные неравенства для сформулированного примера:

$$C(X)=1300x_1+800x_2\rightarrow\min_{x_i}$$

при ограничениях:

$$x_1\leqslant 20; \tag{1}$$

$$x_2\leqslant 30; \tag{2}$$

$$x_1\leqslant 8; \tag{3}$$

$$x_2\leqslant 12; \tag{4}$$

$$\frac{\Delta P_{ВФ_j}\left(x_{ij}\right)}{P_{ВФ_j}(0)}=\frac{0{,}3x_1+0{,}2x_2}{20}\geqslant 0{,}17. \tag{5}$$

При сформулированном условии задачи представленные ограничения избыточны. Ограничения (1) и (2) можно не использовать, так как они учитываются в ограничениях (3) и (4). В результате, получившуюся систему неравенств можно записать:

$$C(X) = 1300\,x_1 + 800\,x_2 \to \min_{x_i}$$

при ограничениях:

$$x_1 \leqslant 8\,;$$
$$x_2 \leqslant 12\,;$$
$$\frac{\Delta P_{ВФ_j}(x_{ij})}{P_{ВФ_j}(0)} = \frac{0{,}3\,x_1 + 0{,}2\,x_2}{20} \geqslant 0{,}17\,.$$

Используем для решения сформулированной задачи линейного программирования симплекс-метод.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета оптимизации закупки

Группа ВВТ i	Номер ВФ (j=1)				
	M_i	K_i	C_i	N_i	ε_j
1	20	1,3	1300	8	0,17
2	30	1,2	800	12	

Для построения опорного плана систему неравенств приведем к системе уравнений путем введения дополнительных переменных:

$$x_1 + 0\,x_2 + 1\,x_3 + 0\,x_4 + 0\,x_5 + 0\,x_6 = 8\,;$$
$$0\,x_1 + 1\,x_2 + 0\,x_3 + 1\,x_4 + 0\,x_5 + 0\,x_6 = 12\,;$$
$$0{,}3\,x_1 + 0{,}2\,x_2 + 0\,x_3 + 0\,x_4 - 1\,x_5 + 1\,x_6 = 3{,}4\,.$$

Для постановки задачи на минимизацию, используем метод «больших штрафов» [2], а целевую функцию запишем так:

$$C(X) = 1300\,x_1 + 800\,x_2 + M\,x_6 \to \min_{x_i}\,. \qquad (6)$$

Коэффициент M в (6) имеет смысл отрицательной удельной прибыли [2], это так называемый «большой штраф».

В результате решения приведенной системы уравнений получим:

$$C(X) = 13933{,}3\,; \quad x_1 = 3{,}33\,; \quad x_2 = 12\,. \qquad (7)$$

Графическая интерпретация решения поставленной задачи представлена на рисунке 2.

Данное решение является оптимальным, однако применительно к сформулированной задаче такое решение не подходит, потому что количество «новых» образцов 1-го типа получилось не целочисленным.

Для получения целочисленного решения возможны несколько подходов:

- округление полученных результатов до целых чисел по математическим правилам;
- решение задачи целочисленного программирования.

При получении целочисленных результатов методом округления дробного решения задачи линейного программирования возможны ошибки, однако для задач, имеющих небольшую размерность, величина этих ошибок будет невелика, порядка 5-10%.

Решение задачи целочисленного программирования даст более точную оценку распределения ВВТ по ВФ. Но и такой метод решения не лишен недостатков. Так, например, применение метода целочисленного программирования для решения поставленной выше задачи многократно усложнит вычисления и потребует дополнительных затрат вычислительных ресурсов. А с учетом того, что исходные данные не гарантируют абсолютной точности, полученный методом целочисленного программирования результат не будет иметь 100-процентной достоверности.

Однако для проведения анализа возможных расхождений решим задачу методом целочисленного программирования.

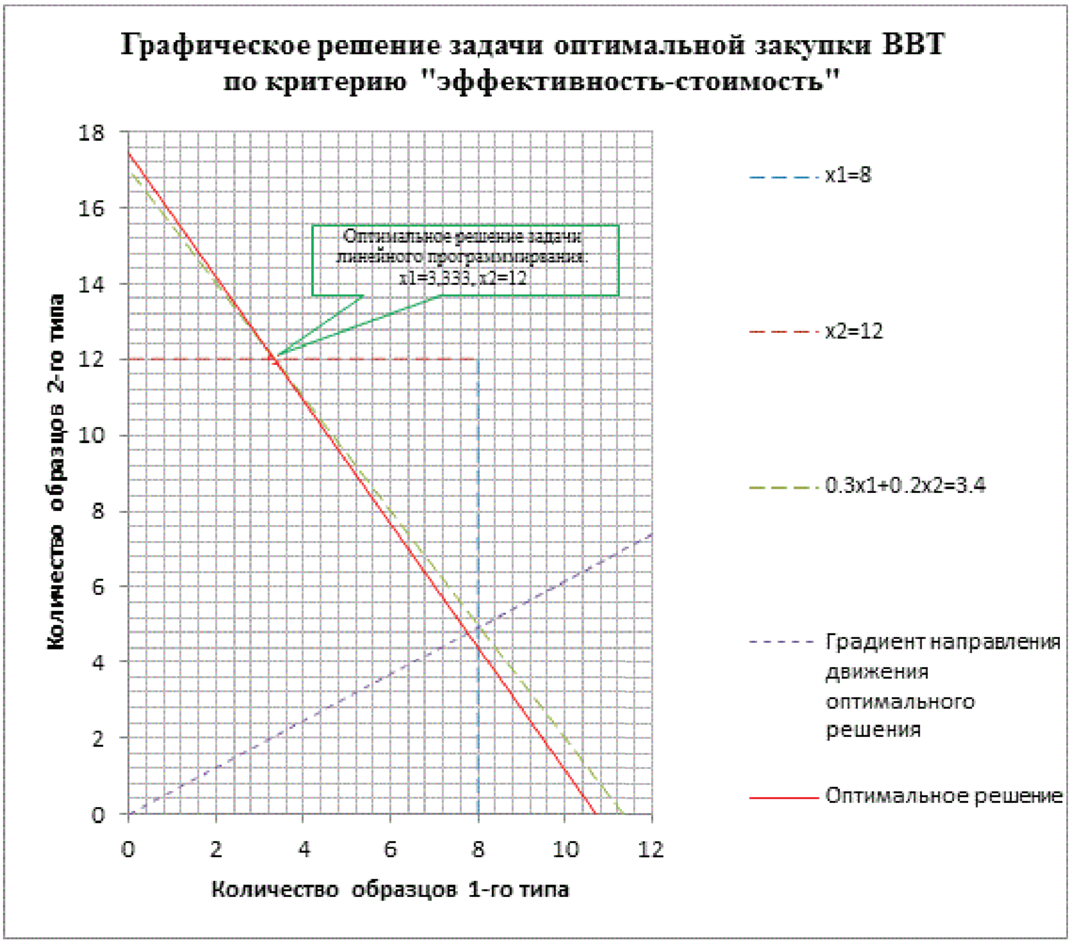


Рисунок 2 – Графическое решение задачи оптимальной закупки ВВТ по критерию «эффективность-стоимость»

Используем для нахождения оптимального целочисленного решения алгоритм отсечения [3].

Из полученного решения (7), согласно алгоритму отсечения следует дополнительное ограничение:

$$\frac{1}{3}-\frac{1}{3}x_4-\frac{2}{3}x_5\leqslant 0\,. \tag{8}$$

Преобразуем полученное неравенство в уравнение:

$$\frac{1}{3}-\frac{1}{3}x_4-\frac{2}{3}x_5+x_6=0\,. \tag{9}$$

В результате оптимальное целочисленное решение получилось:

$$C(X)=14000\,;x_1=4\,;x_2=11\,. \tag{10}$$

При существующих ограничениях полученное решение является оптимальным. В этом можно убедиться, используя для проверки оптимальности полученного решения метод полного перебора.

Получение такого результата закономерно по нескольким причинам. Во-первых, более «дешевых» образцов, то есть образцов, у которых стоимость единицы боевого потенциала наименьшая, в оптимальном распределении больше, а во-вторых, присутствие более «дорогих» образцов (большая стоимость единицы боевого потенциала) обусловлена ограничениями по количеству образцов различных типов в составе ВФ.

После округления решения задачи линейного программирования с учетом наложенных ограничений получим:

$$C(X)=14800\,;\;\; x_1=4\,;\;\; x_2=12\,.$$

В результате решения задачи целочисленного программирования получилось:

$$C(X)=14000\,;\;\; x_1=4\,;\;\; x_2=11\,.$$

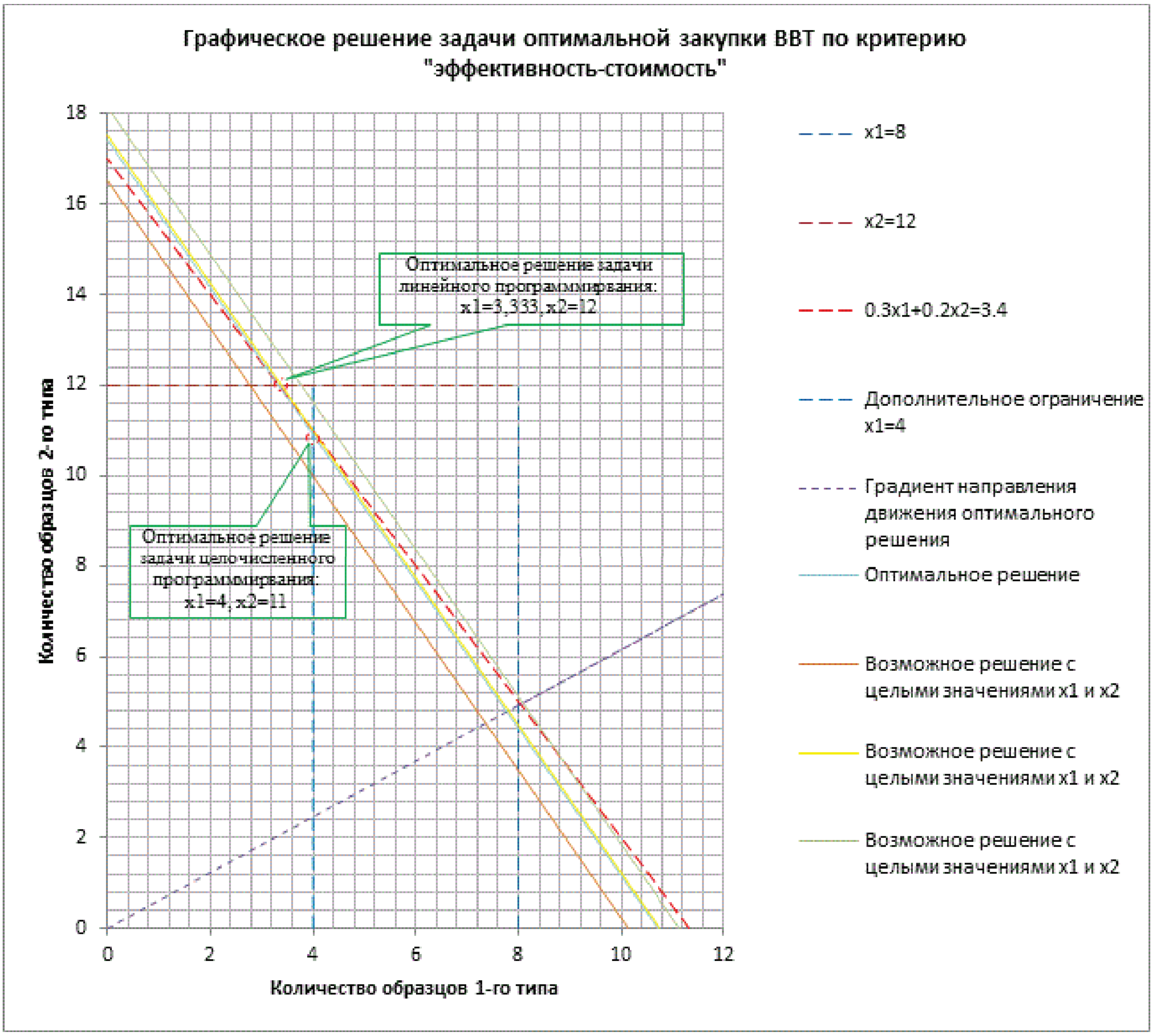


Рисунок 3 – Графическое решение задачи оптимальной закупки ВВТ по критерию «эффективность-стоимость»

В данном случае ошибка при определении минимального объема ассигнований на распределения образцов ВВТ по ВФ для получения заданного приращения боевого потенциала составила 5,7%.

Данный результат показывает, что при решении подобных задач, для минимизации затрат вычислительных ресурсов и сокращения времени на проведение расчетов допустимо применять метод математического округления результатов решения задачи линейного программирования с оговоркой о точности получаемых результатов.

Однако, как видно из представленного примера, простое округление результатов решения задачи линейного программирования не гарантирует получение результата, удовлетворяющего всем наложенным ограничениям, и может также потребовать дополнительных вычислений. Поэтому при сравнительно небольшой размерности задачи целесообразно сразу применять метод целочисленного программирования для нахождения оптимального распределения образцов ВВТ по ВФ с заданным приращением боевого потенциала при минимальных затратах.

Графическая интерпретация решения поставленной задачи представлена на рисунке 3. На графике введено дополнительное ограничение $x_1 \geqslant 4$, полученное в результате применения метода «ветвей и границ», используемого при графическом решении задач целочисленного программирования [3].

На представленном рисунке показаны решения поставленной задачи в двух интерпретациях, как задачи линейного программирования и как задачи целочисленного программирования.

Выбранная для оснащения воинского формирования комбинация образцов ВВТ является наиболее целесообразной с точки зрения критерия «эффективность-стоимость».

Таким образом, рассмотренный выше подход оптимизации закупки ВВТ по критерию «эффективность-стоимость» позволяет получить оптимальное распределение «новых» образцов ВВТ по ВФ, обеспечивающее заданный прирост боевого потенциала ВФ в условиях финансовых ограничений и, таким образом, решить задачу военно-экономического анализа целесообразности закупки образцов ВВТ.

Список использованных источников

1. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: Учебник. – М.: Военный университет, 2015. – 340 с.

2. Вагнер Г. Основы исследования операций. – Том 1 / Пер. с англ. – М.: Мир, 1972. – 335 с.

3. Вагнер Г. Основы исследования операций. – Том 2 / Пер. с англ. – М.: Мир, 1973. – 488 с.

4. Буравлев А.И., Буренок В.М., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники. – СПб.: ВАТТ, 2011. – 142 с.