

**ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ**

**APPROACHES TO DETERMINING THE INDICATORS
OF MILITARY-ECONOMIC ANALYSIS OF PROMISING WEAPONS SAMPLES**

Чл.-корр. РАРАН С.А. Бобков, академик РАРАН В.Н. Крамаренко, академик РАРАН И.Н. Торгун

Центральный научно-исследовательский институт химии и механики

S.A. Bobkov, V.N. Kramarenko, I.N. Torgun

Представлены подходы, позволяющие методически связать и определить все показатели, необходимые для проведения военно-экономического анализа перспективных образцов вооружения. В зависимости от типа боевых задач выделены два показателя, которые наиболее целесообразно применять при оценке боевой эффективности различных средств вооружения. Приведены примеры применения изложенной методологии при проведении военно-экономического анализа перспективных средств вооружения. Предлагаемый подход позволяет оперативно проводить военно-экономический анализ различных образцов вооружения, и обосновано выбирать предпочтительные варианты. **Ключевые слова:** военно-экономический анализ, боевая эффективность, образец вооружения, реактивный снаряд, боевая задача.

Approaches are presented that allow methodically linking and determining all the indicators necessary for conducting a military-economic analysis of promising weapons samples. Depending on the type of combat tasks, two indicators are identified that are most appropriate to use when evaluating the combat effectiveness of various weapons. Examples of the application of the methodology described in the military-economic analysis of promising weapons are given.

The proposed approach makes it possible to promptly conduct a military-economic analysis of various types of weapons, and it is justified to choose preferred options.

Keywords: military-economic analysis, combat effectiveness, weapons sample, rocket projectile, combat mission.

Для обоснования рациональных характеристик и перспектив развития современных образцов вооружения широко применяются подходы, позволяющие оценить не только эффект от их применения, но и затраты, связанные с их разработкой, производством и эксплуатацией [1–11]. Разработка высокотехнологичных образцов вооружения, действие которых основано на принципиально новых физических эффектах и конструктивных решениях, приводит к значи-

тельным затратам ресурсов как на их создание и производство, так и на их содержание и обслуживание. При этом ресурсы, в том числе финансовые, даже в наиболее развитых и богатых странах всегда ограничены. Поэтому актуальность применения комплексного подхода, учитывающего все факторы, при обосновании и принятии решений по созданию новых высокотехнологичных средств вооружения в последнее время существенно возросла [8–10].

В настоящей статье будут изложены некоторые подходы к выработке моделей для определения показателей, с помощью которых может быть проведен военно-экономический анализ целесообразности создания перспективного образца вооружения с определенными характеристиками. Эти показатели должны характеризовать, с одной стороны, эффективность выполнения боевой задачи данным образцом, а с другой стороны — затраты всех основных ресурсов на выполнение данной задачи.

Наиболее часто при проведении военно-экономического анализа для обоснования необходимости создания перспективных средств вооружения применяются следующие показатели [1–11]:

1. Для оценки боевой эффективности — математическое ожидание необходимого количества образцов вооружения для выполнения боевой задачи или вероятность выполнения боевой задачи образцом вооружения;

2. Для оценки затрат различных ресурсов, израсходованных при выполнении боевых задач, — математическое ожидание стоимости выполнения боевой задачи с помощью рассматриваемых образцов вооружения.

Кроме этих показателей для анализа могут применяться дополнительные параметры, которые характеризуют затраты по каким-либо конкретным ресурсам, материальным (материалам, носителям и т.д.) или временным.

Существует множество подходов к созданию математических моделей для определения этих показателей при решении различных боевых задач различными образцами вооружения. Каждый из этих подходов учитывает характеристики и особенности применения конкретного образца вооружения при решении соответствующей боевой задачи. При этом не всегда четко обосновывается выбор того или иного показателя боевой эффективности или состав ресурсов, которые израсходованы при выполнении боевой задачи.

Поэтому авторы постарались систематизировать существующие подходы и сформулировать наиболее важные методические положения при разработке моделей для определения перечисленных показателей.

При наличии нескольких показателей, характеризующих как эффект от боевого воздействия, так и затраты на его достижение, отдель-

но возникает вопрос выбора перспективного образца по значениям нескольких показателей. Попытки сведения всех показателей к одному либо путем деления одного на другой, либо сложения показателей с различными коэффициентами весомости, в абсолютном большинстве случаев приводят к формальному подходу и потере здравого смысла при обосновании как образцов вооружения, так и их характеристик [1, 3, 6, 7].

Поэтому при обосновании реальных перспективных образцов наиболее распространен и приемлем следующий подход: выбирается образец по наилучшим значениям одного из основных показателей, а по остальным показателям должны выполняться задаваемые ограничения [1, 3, 6, 7]. Логичность и ясность такого подхода очевидны.

В большинстве случаев в качестве основного показателя выбирается математическое ожидание стоимости выполнения боевой задачи (далее — стоимость выполнения боевой задачи). При правильном определении этого показателя учитываются боевая эффективность образца и затраты различных ресурсов на выполнение боевой задачи.

При выборе показателя для оценки боевой эффективности образца вооружения принципиальным является решение следующего вопроса: возможно ли применение нескольких образцов для решения рассматриваемой боевой задачи или нет? Если для решения боевой задачи целесообразно привлечение нескольких образцов вооружения одного типа (РСЗО, самолеты и т.д.), то в качестве показателя боевой эффективности следует принимать математическое ожидание наряда образцов для выполнения боевой задачи. Этот показатель понятен и легко воспринимается военными специалистами. Если же для решения боевой задачи может применяться только один образец вооружения (сложный обитаемый или необитаемый подводный аппарат, стратегическая межконтинентальная баллистическая ракета и т.д.), то в качестве показателя боевой эффективности более логично принять вероятность выполнения боевой задачи этим образцом.

Математическое ожидание наряда образцов, необходимое для выполнения j -й боевой задачи, в общем случае может быть определено уравнением [1, 3, 5–7]:

$$N_{ij} = \frac{N_{омj}}{P_{\phi j} \cdot P_{zj}}, \quad (1)$$

где $N_{омj}$ — математическое ожидание количества однотипных образцов вооружения, которое необходимо для выполнения боевой задачи в случае отсутствия противодействия противника и влияния различных случайных факторов;

$P_{\phi j}$ — вероятность завершения полного цикла функционирования образца вооружения при выполнении j -й боевой задачи в условиях противодействия противника;

P_{zj} — вероятность выполнения j -й типовой боевой задачи с учетом влияния различных случайных факторов при отсутствии противодействия противника.

Математическое ожидание количества однотипных образцов, необходимое для выполнения боевой задачи в случае отсутствия противодействия противника и влияния случайных факторов $N_{омj}$, определяется эффективностью действия конкретного образца вооружения (поражающее действие боеприпасов, производительность выполнения работы и т.д.) и боевой задачей, для решения которой оно привлекается. Значения этого показателя можно рассчитать с помощью моделей боевого применения конкретного образца вооружения, которые строятся с применением методов теории вероятностей и исследования операций [1–7].

Вероятность завершения полного цикла функционирования образца вооружения при выполнении боевой задачи $P_{\phi j}$ зависит от особенностей его боевого применения и характеристик, а также от систем противодействия противника (систем разведки и поражения). В любом случае весь цикл функционирования образца вооружения при выполнении боевой задачи разбивается на несколько этапов (исходный район, выдвижение, район выполнения боевой задачи, возвращение в исходный район и т.д.). В рассматриваемой постановке эта вероятность определяется следующим образом [1–6]:

$$P_{\phi j} = \prod_{i=1}^n (1 - P_{jio} P_{jin}), \quad (2)$$

где n — количество этапов в полном цикле функционирования образца вооружения;

P_{jio} — вероятность обнаружения образца вооружения при его функционировании на i -м этапе цикла;

P_{jin} — вероятность поражения образца вооружения при его функционировании на i -м этапе цикла в случае его обнаружения противником.

Вероятность выполнения боевой задачи с учетом влияния различных случайных факторов при отсутствии противодействия противника P_{zj} зависит от особенностей боевой задачи и характеристик образца вооружения и способов его боевого применения. Для каждого случая значение этого показателя определяется по отдельным моделям [1–7].

В случае если оценку боевой эффективности образца вооружения целесообразно проводить по вероятности выполнения им боевой задачи, то, учитывая изложенные соображения, вероятность выполнения j -й боевой задачи может быть определена по следующей зависимости [1–6]:

$$P_{бзj} = \prod_{i=1}^n (1 - P_{jio} P_{jin}) P_{zi}. \quad (3)$$

В уравнении (3) показатели P_{jio} , P_{jin} , P_{zi} имеют тот же смысл, что и в выражениях (1) и (2).

Если говорить о потере различных ресурсов, которые обеспечивают выполнение боевой задачи с помощью соответствующего образца вооружения, то необходимо учитывать следующие аспекты:

- ресурсы, которые обеспечивают выполнение боевых задач, крайне неоднородны. К ним относятся различные материалы, многообразные комплектующие, которые закупаются, людские ресурсы, которые используются на различных стадиях жизненного цикла образца вооружения. Поэтому при определении затрат ресурсов целесообразно всех их измерять в одинаковых единицах, например в денежном выражении. Именно такой подход принят при анализе стоимости жизненного цикла образцов вооружения и продукции военного назначения [12–14];

- в силу специфики применения различных образцов вооружения необходимо учитывать затраты на всех стадиях жизненного цикла существования конкретного образца;

- исходя из требований, предъявляемых к моделям стоимости жизненного цикла [12], для обоснования перспектив развития и рациональ-

ных характеристик образцов вооружения при построении моделей для определения различных стадий жизненного цикла наиболее целесообразно использовать параметрический метод. Именно этот метод позволяет оценивать затраты на различных стадиях жизненного цикла образца в зависимости от его параметров (массы, мощности, возможных нагрузок и т.д.);

– при выполнении боевых задач могут использоваться не только ресурсы, касающиеся исследуемого образца вооружения, но и ресурсы образцов другого типа, например носителя (корабль, подводная лодка, самолет и т.д.). Их учет тоже необходим.

Анализ стадий и этапов жизненного цикла различных образцов вооружения [12–15], а также основных особенностей их боевого применения [1–10] показал, что при определении стоимости выполнения боевой задачи необходимо учитывать следующие основные составляющие:

– затраты, связанные с безвозвратной потерей образца вооружения целиком в случае его обнаружения и уничтожения противником;

– затраты, связанные с безвозвратной потерей элементов образца, расходуемых непосредственно при выполнении боевой задачи (снаряды, мины, другая полезная нагрузка, топливо и т.д.);

– затраты, связанные с обслуживанием и эксплуатацией образца вооружения в периоды его нахождения на базах, в войсках, при подготовке к выполнению боевой задачи;

– затраты, связанные с эксплуатацией носителей образцов вооружения (если такие предусмотрены боевым применением), обеспечивающих доставку исследуемых образцов в район выполнения боевой задачи.

Учитывая изложенные соображения, стоимость выполнения j -й боевой задачи образцом вооружения может быть определена следующими выражениями:

– если боевая задача выполняется одним образцом:

$$C_{бзj} = C_c \cdot (1 - P_{\phi j}) + C_{пз} + C_{эс} + \frac{C_{эн}}{m};$$

– если боевая задача выполняется рядом образцов:

$$C_{бзj} = C_{сн} \cdot N_{нj} n_б + N_{нj} \cdot C_c \cdot (1 - P_{\phi j}) + N_{нj} \cdot C_{эс},$$

где C_c — остаточная стоимость образца вооружения к моменту боевого применения;

$C_{пз}$ — стоимость элементов образца, которые уничтожаются при выполнении боевой задачи;

$C_{эс}$ — затраты, связанные с обслуживанием и эксплуатацией образца вооружения до его применения при решении боевой задачи, отнесенные к одной боевой задаче;

$C_{эн}$ — эксплуатационные затраты на носитель, отнесенные к выполнению одной боевой задачи, если таковые есть;

m — количество образцов вооружения, размещаемых на одном носителе;

$C_{сн}$ — стоимость боеприпаса (снаряда, бомбы, ракеты и т.д.) на образце вооружения;

$n_б$ — боекомплект боеприпасов на образце вооружения.

Как показывает анализ параметрических моделей, определяющих величины этих затрат, базовым показателем является стоимость производства образца вооружения. Зная состав и величину этого показателя, можно определить и стоимость образца на момент его боевого применения, а, следовательно, и затраты, связанные с его потерей, и другие затраты.

Полная стоимость разработки, производства и комплектации образца вооружения $C_{п}$ может быть определена уравнением:

$$C_{п} = (C_k + C_{эу} + C_d + C_b + C_{1пз}) \cdot (1 + 0,01 \cdot d), \quad (4)$$

где C_k — стоимость производства корпуса;

$C_{эу}$ — стоимость производства энергоустановок;

C_d — стоимость производства двигательной установки;

C_b — стоимость готового оборудования многоразового использования, устанавливаемого на образце;

$C_{1пз}$ — стоимость готовых элементов образца, которые уничтожаются при выполнении одной боевой задачи;

d — норма прибыли на предприятии, %.

По имеющимся статистическим данным, значения составляющих в уравнении (4) можно определить из выражений:

$$C_k = K_k \cdot M_k; \quad C_{эу} = K_{эу} \cdot M_{эу}; \quad C_d = K_d \cdot (M_d)^{2/3};$$

$$C_b = \sum_{i=1}^n M_{ib} \cdot K_{ib}; \quad C_{1пз} = \sum_{i=1}^k M_{пзи} \cdot K_{пзи},$$

где $M_k, M_{эу}, M_d, M_{ив}, M_{пэи}$ — соответственно масса корпуса, энергоустановок, двигательных установок, готового оборудования, расходуемых элементов образца вооружения, т;

$K_k, K_{эу}, K_d, K_{ив}, K_{пэи}$ — коэффициенты, определяющие зависимость стоимости составных частей образца вооружения от их массы, млн руб./т.

С увеличением серии выпуска большинства образцов вооружения стоимость их производства уменьшается и для рассматриваемых в качестве примеров образцов может быть определена уравнением:

$$C_{пс} = C_{п} \cdot K_s,$$

$$K_s = \frac{1}{0,5 \cdot (\lg(S) + 1)},$$

где K_s — коэффициент серийности;

S — количество выпущенных образцов после опытной партии.

В процессе эксплуатации и боевого применения образцов вооружения их остаточная стоимость уменьшается. К концу срока службы стоимость образца приближается к стоимости металла и некоторого не сработавшегося оборудования. Оценить уменьшение стоимости образца за счет его эксплуатации со временем, без учета остаточной стоимости, можно согласно следующей зависимости:

$$C_c = C_{пс} \cdot \left(1 - \frac{J_3}{J_c}\right),$$

где $C_{пс}$ — стоимость образца вооружения на период его применения;

J_3 — количество лет эксплуатации образца с момента его производства;

J_c — планируемый полный срок службы образца вооружения.

Зависимости, приведенные выше, соответствуют общему подходу при оценке затрат на производство образца вооружения.

Стоимость элементов, которые уничтожаются при выполнении боевой задачи одним образцом вооружения $C_{пэ}$, зависит от его конструкции и выполняемой задачи. Это может быть стоимость топлива или какого-либо элемента, расходуемого при выполнении боевой задачи. Значение этого показателя определяется для

каждого конкретного образца вооружения индивидуально.

Эксплуатационные затраты, связанные с обслуживанием и эксплуатацией образца вооружения до его применения в ходе решения боевой задачи $C_{эс}$, принято считать применительно к одному году службы образца. В общем случае эти затраты включают в себя следующие составляющие:

- отчисления на капитальный ремонт образца и отчисления для создания нового;
- расходы на текущий ремонт образца;
- стоимость расходных материалов, необходимых для содержания и обслуживания образца;
- расходы на содержание экипажа;
- расходы на содержание и обслуживание вспомогательного оборудования.

Анализ параметрических зависимостей, определяющих эксплуатационные затраты по этим статьям при содержании и обслуживании образца вооружения, показал, что общие эксплуатационные затраты за год можно определить согласно следующей зависимости:

$$C_{эсг} \approx K_3 \cdot C_{пс} + \sum_{i=1}^{n_3} \varepsilon_{эi}, \quad (5)$$

где K_3 — коэффициент, который в зависимости от характеристик образца вооружения изменяется в диапазоне 0,3...0,8;

$\varepsilon_{эi}$ — среднегодовая стоимость содержания i -го члена экипажа;

n_3 — количество членов экипажа.

Эксплуатационные затраты за год на носитель $C_{эсг}$, если он присутствует, определяются также согласно зависимости (5) с учетом коэффициентов и стоимости, соответствующих носителю.

Зная величину эксплуатационных затрат на образец в течение года, можно определить затраты, связанные с его обслуживанием и эксплуатацией, отнесенные к одной боевой задаче:

$$C_{эс} = \frac{C_{эсг}}{\Gamma_c},$$

где $C_{эсг}$ — эксплуатационные затраты на содержание и обслуживание образца в течение года;

Γ_c — среднее число боевых задач, на выполнение которых рассчитан образец в течение года.

Аналогичным образом можно определить эксплуатационные затраты на носитель приме-

нительно к выполнению одной боевой задачи $C_{\text{эн}}$ исследуемым образцом вооружения.

Представленный методический подход совместно с имеющимися моделями оценки боевой эффективности различных образцов вооружения применялся при обосновании состава и рациональных характеристик ряда перспективных средств вооружения.

В качестве примера на рис. 1 приведены отдельные результаты военно-экономического анализа при обосновании состава средства дистанционного минирования на базе систем РСЗО, в части выбора типа реактивного снаряда. В ка-

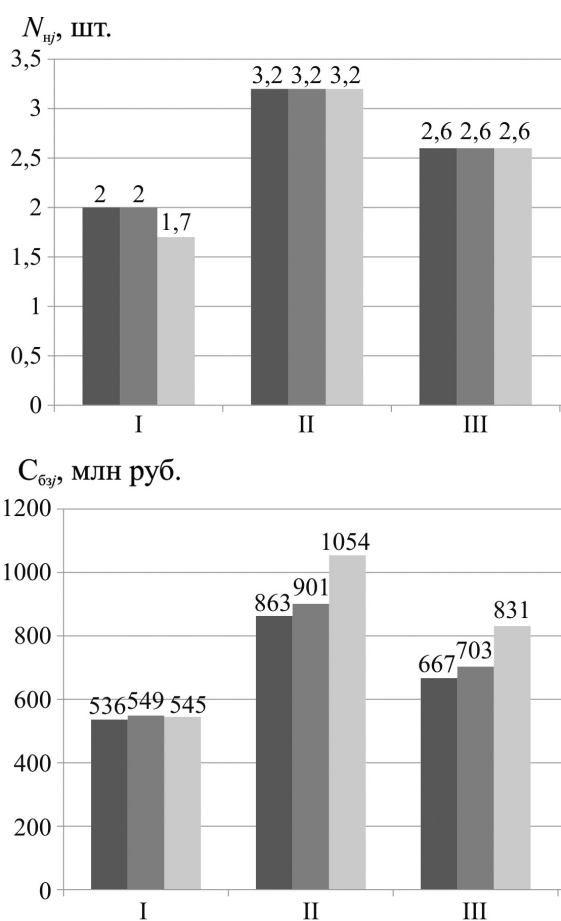


Рис. 1. Основные показатели эффективности применения средства дистанционного минирования на базе РСЗО с различными реактивными снарядами: I — покрытие подразделений при отражении атак; II — покрытие разрывов между опорными пунктами от регулярных войск; III — покрытие разрывов между опорными пунктами от бандформирований; ■ — неуправляемые снаряды; ■ — корректируемые снаряды; ■ — управляемые снаряды

честве основного показателя для выбора наилучшего варианта реактивного снаряда применялся показатель стоимости выполнения боевой задачи $C_{\text{бэп}}$. Для оценки боевой эффективности в данном случае использовался показатель математического ожидания наряда средств (систем минирования), необходимого для выполнения боевой задачи $N_{\text{нп}}$.

Анализ полученных данных (см. рис. 1) показывает, что из всех рассмотренных типовых боевых задач минимальная стоимость выполнения боевой задачи соответствует применению неуправляемых реактивных снарядов. При этом требуемый наряд образцов для различных типов реактивных снарядов практически одинаков. Следовательно, при создании перспективной системы дистанционного минирования наиболее целесообразно использование неуправляемых реактивных снарядов.

На рис. 2 представлены некоторые результаты военно-экономического анализа при выборе наиболее эффективной конструктивной схемы необитаемого подводного аппарата военного назначения. В этом случае, поскольку боевые

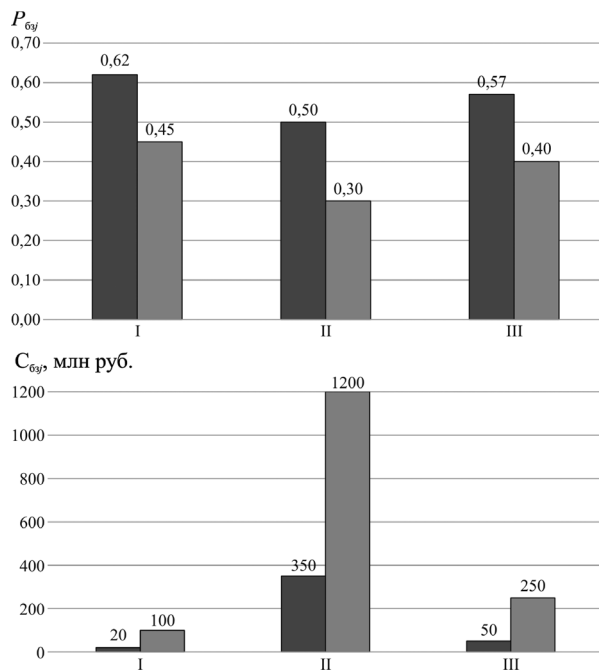


Рис. 2. Основные показатели эффективности применения необитаемых подводных аппаратов военного назначения: I — проведение разведки в прибрежной зоне противника; II — блокировка морских коммуникаций; III — доставка специального груза в заданный район; ■ — НПА-1; ■ — НПА-2

задачи предполагалось выполнять единичным аппаратом, в качестве показателя боевой эффективности принималась вероятность выполнения боевой задачи $P_{бз}$.

Анализ полученных данных (см. рис. 2) показывает, что стоимость выполнения боевой задачи будет значительно меньше при применении первого образца необитаемого подводного аппарата (НПА-1). Необходимо отметить, что и показатель боевой эффективности (вероятность выполнения боевой задачи) для этого образца выше. Поэтому при определении приоритетного направления развития необитаемых подводных аппаратов военного назначения для решения рассматриваемых боевых задач наиболее целесообразно ориентироваться на образцы вооружения типа первого аппарата НПА-1.

Приведенные частные результаты военно-экономического анализа конкретных образцов вооружения показывают, что полученные показатели эффективности позволяют достаточно обоснованно определиться с выбором наиболее предпочтительного решения в обоих случаях.

Вывод

Таким образом, проведенный анализ позволил определить и методически связать все необходимые зависимости для получения основных показателей, используемых при военно-экономическом анализе перспективных образцов вооружения. Предлагаемый подход позволяет достаточно оперативно проводить военно-экономический анализ различных образцов вооружения и обоснованно выбирать из них предпочтительные варианты.

Литература

1. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. — М.: Воениздат, 1970. 255 с.
2. Морз Ф.М., Кимбелл Д.Е. Методы исследования операций. — М.: Сов. радио, 1956. 307 с.
3. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. — М.: Сов. радио, 1964. 387 с.
4. Вентцель Е.С. Исследования операций. — М.: Сов. радио, 1972. 552 с.
5. Мильграмм Ю. Г. Исследования операций и алгоритмизация боевых действий. — М.: Издво ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1968. 460 с.
6. Пособие по военно-экономическому анализу инженерного вооружения. — М.: Воениздат, 1976. Кн. 1: Теоретические основы / А.В. Сеньюков [и др.]. 231 с.
7. Военно-экономический анализ. Учебник / под ред. С.Ф. Викулова. — М.: Воениздат, 2001. 350 с.
8. Буравлев А.И., Буренок В.М., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники / под ред. В.М. Буренка. — СПб.: ВАТТ, 2011. 142 с.
9. Буренок В.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. Военно-экономические и инновационные аспекты интеграции нетрадиционных видов оружия в состав системы вооружения. — М.: Издательская группа «Граница», 2014. 240 с.: ил.
10. Буренок В.М. Прогнозирование перспективного облика системы вооружения // Вооружение и экономика. 2019. № 1 (47). С. 6–9.
11. Леонов А.В., Тюлькин М.В., Трущенко В.В. Критерии оценки целесообразности и эффективности использования робототехнических комплексов военного назначения // Вооружение и экономика. 2019. № 1(47). С. 23–29.
12. ГОСТ Р 55931–2013 Стоимость жизненного цикла продукции военного назначения. — М.: Стандартинформ, 2018. 10 с.
13. ГОСТ Р 56135–2014 Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2016. 14 с.
14. ГОСТ Р 58302–2018 Управление стоимостью жизненного цикла. Номенклатура показателей для оценки жизненного цикла изделий. Общие требования. — М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.
15. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. — М.: Издательская группа «Граница», 2012. 424 с.