А.В. Леонов, доктор экономических наук, профессор
А.Ю. Пронин, кандидат технических наук

Алгоритмы формирования перечня образцов перспективного оружия, предлагаемых к разработке и принятию на вооружение Вооруженных Сил Российской Федерации

Рассматриваются общая постановка задачи и алгоритмы формирования перечня образцов перспективного оружия. В зависимости от имеющегося в наличии объема исходных данных предлагается комплексно использовать различные методы решения общей задачи, в том числе: военно-экономическая оценка, оценка соответствия тактико-технических характеристик перспективных образцов требованиям к ним; экспертные оценки. Отличительной особенностью алгоритмов является применение понятия «типовая ситуация» боевого применения перспективного оружия.

Современный этап развития цивилизации ознаменовался ростом числа военных конфликтов, в которых широкое применение находят новые виды оружия: беспилотные летательные аппараты, роботизированные системы военного назначения, – а в ближайшее время ожидается появление различных образцов гиперзвукового оружия и оружия направленной энергии (в первую очередь, лазерного и радиочастотного). Эти новые виды оружия способны обеспечить качественное повышение уровня решения существующих и перспективных задач Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ).

В настоящее время одной из проблемных задач, возникающих при формировании государственной программы вооружения (ГПВ), является задача формирования рационального перечня образцов перспективного оружия, обеспечивающих решение военно-технических задач ВС РФ в рамках прогнозируемых военных конфликтов с заданной эффективностью при определенных технологических и экономических ограничениях.

Актуальность разработки методического обеспечения программных мероприятий по формированию перечня образцов перспективного оружия, предлагаемых к разработке и принятию на вооружение ВС РФ, обусловлена наличием ряда факторов, в том числе:

- возрастанием угроз безопасности Российской Федерации, в том числе в военно-технической сфере;
- появлением новых задач ВС РФ, которые не могут быть решены с достаточной эффективностью только традиционными видами ВВСТ (ТВВСТ);
- требованиями руководящих документов по выполнению задач с требуемой эффективностью, но с минимальными затратами.

Кроме того, немаловажное значение имеют факторы, связанные с особенностями работ по созданию перспективного оружия, например [1, 4]:

- неопределенность исходных данных (в том числе по бюджетным ассигнованиям) при формировании и реализации программ и планов создания и развития перспективного оружия;
- практическое отсутствие прототипов;
- уникальность разработки важнейших технологий и сложность использования их в промышленности;
- высокая наукоемкость и технологическая сложность разрабатываемого оружия;

- высокая степень неопределенности потребного количественно-качественного состава перспективного оружия и организационно-штатных формирований, в которых предполагается его использование;
- отсутствие серийного производства для большинства образцов перспективного оружия.

Отмеченные особенности и значительное число задач ВС РФ, для решения которых может быть использовано перспективное оружие, определяют специфику задания научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области его создания, прежде всего связанную с недостаточным объемом исходных данных, особенно в части роли и места перспективного оружия в составе организационно-штатных формирований ВС РФ. Существующее методическое обеспечение не позволяет в полной мере и комплексно учитывать эти факторы.

В связи с этим разработана блок-схема общего алгоритма (рисунок 1) формирования перечня образцов перспективного оружия, предлагаемых к разработке и принятию на вооружение ВС РФ (далее – Перечень).

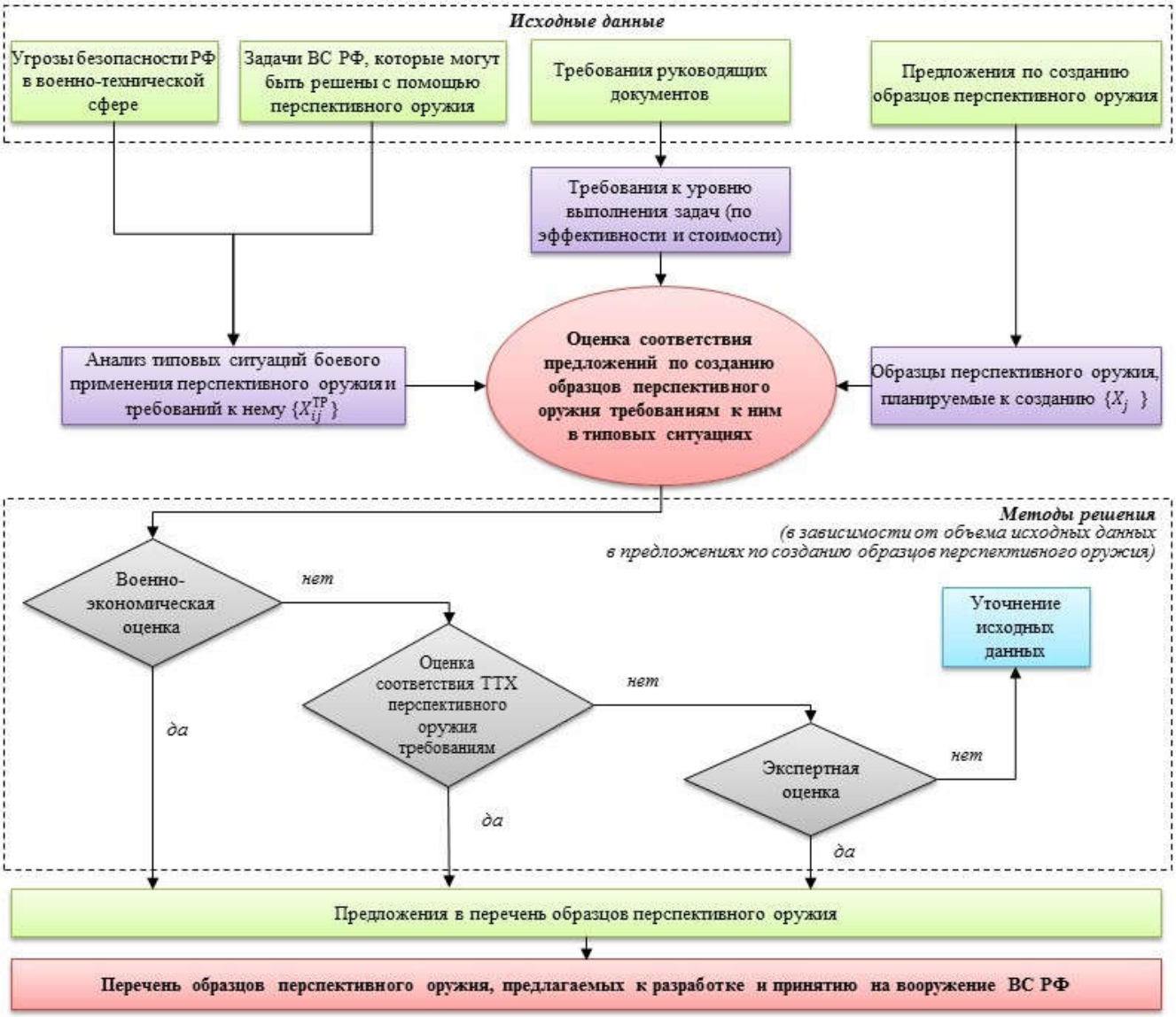

Рисунок 1 – Блок-схема общего алгоритма формирования перечня образцов перспективного оружия, предлагаемых к разработке и принятию на вооружение ВС РФ

Главной отличительной особенностью данного алгоритма является введение и использование понятия «типовая ситуация» боевого применения образцов перспективного оружия. Приведем один характерный и весьма успешный пример использования данного понятия. В монографии [2] с использованием методов математического моделирования боевых действий на основе теории сетей массового обслуживания представлены результаты расчетов эффективности применения оружия направленной энергии (ОНЭ) в составе организационно-штатных формирований типа «рота – батальон». Представленный в монографии метод «волны вероятности», позволяет получать оценки распределения вероятностей потерь противоборствующих сторон на момент окончания боевых действий. При этом рассмотрены несколько типовых ситуаций, в том числе варианты применения ОНЭ в наступлении и обороне, с учетом противодействия противника и возможности применения ОНЭ совместно с традиционными видами оружия. Полученные результаты представляют интерес для проведения оценок эффективности перспективного оружия.

Основная цель введения понятия «типовая ситуация» заключается в том, чтобы при обосновании рационального состава образцов перспективного оружия для включения в Перечень оперировать не столько отдельными образцами, сколько типовыми ситуациями, каждая из которых может включать в себя множество возможных вариантов боевого применения перспективного оружия.

Таким образом, под типовой ситуацией понимается такой вариант применения данного вида перспективного оружия, при котором его использование наиболее целесообразно для решения задач ВС РФ с военно-технической и экономической точек зрения.

К факторам, обусловливающим появление множества возможных вариантов боевого применения перспективного оружия в типовых ситуациях, отнесены следующие [2, 3]:

- организационно-штатные формирования, в которых предполагается использование перспективного оружия;
- формы и способы боевого применения;
- виды (типы) перспективного оружия и их задачи;
- механизмы воздействия на цель и поражающие факторы с учетом их возможного комбинирования;
- объекты воздействия (исходные данные по объектам-целям);
- совместное использование с традиционным оружием и обеспечивающими средствами;
- характеристики разрабатываемых и планируемых к разработке в предстоящий программный период образцов перспективного оружия.

Совокупность указанных факторов определяет требования к образцам перспективного оружия, в том числе ТТХ.

Использование типовых ситуаций обеспечивает унификацию[1] множества подлежащих рассмотрению возможных вариантов боевого применения перспективного оружия в боевых действиях (операциях) в интересах снижения трудоемкости обоснования предложений в Перечень и достижения непротиворечивости получаемого результата для различных методов (направлений) решения задачи.

С учетом перечисленных выше факторов на основе анализа типовых ситуаций боевого применения перспективного оружия разработана общая постановка задачи обоснования рационального состава образцов перспективного оружия для включения в Перечень.

1 Под унификацией в соответствии с ГОСТ 23945.0-80 «Унификация изделий. Основные положения» понимается приведение изделий к единообразию на основе установления рационального числа их разновидностей. В данном случае унификация связана с приведением к единообразию различных элементов множества вариантов боевого применения перспективного оружия и (или) сокращением разнообразия.

Учитывая разный уровень достаточности информационных данных в предложениях по созданию перспективного оружия, использован принцип комплексирования методов оценки соответствия предложений по перспективному оружию и требований к нему в типовых ситуациях боевого применения. В этом случае общая постановка задачи формулируется следующим образом.

Известны:

$\left\{X_{ij}^{ТР}\right\}$ – требования к образцам перспективного оружия *j*-го типа в *i*-й типовой ситуации их боевого применения;

$\left\{X_j\right\}$ – характеристики предлагаемых к созданию образцов перспективного оружия *j*-го типа.

Требуется: определить рациональный состав образцов перспективного оружия (типаж, номенклатура) из множества предложений по их созданию, обеспечивающий максимальный уровень соответствия предложений по созданию перспективного оружия требованиям к нему в типовых ситуациях при заданных затратах на разработку, создание и боевое применение.

Для решения сформулированной задачи в зависимости от объема имеющихся данных, содержащихся в предложениях по созданию образцов перспективного оружия, предлагается комплексно использовать следующие методы, апробированные и хорошо зарекомендовавшие себя в практике военно-экономического обоснования ВВСТ [2, 3, 5-10]:

- метод военно-экономической оценки (при наличии исходных данных по эффективности и затратам на применение образцов перспективного оружия совместно с традиционными видами ВВСТ в типовых ситуациях);
- метод оценки соответствия ТТХ образцов перспективного оружия требованиям к ним, предъявляемым в типовых ситуациях боевого применения (при наличии исходных данных по значениям ТТХ);
- метод экспертных оценок (при недостаточном объеме исходных данных в предложениях по образцам перспективного оружия).

В зависимости от имеющегося в наличии объема исходных данных по созданию перспективного оружия применяется тот или иной метод решения задачи.

Далее представлены основные положения методов.

Метод военно-экономической оценки базируется на сравнительной оценке различных вариантов боевого применения перспективного оружия совместно с традиционными видами ВВСТ в типовой ситуации [1].

Опираясь на базовые принципы программно-целевого планирования развития перспективного, в том числе нетрадиционного вооружения [1, 4], а также совокупность военно-экономических критериев [5], решение задачи выбора рационального состава перспективного оружия можно представить в виде следующей последовательности действий.

1. Оценка стоимости $C_i^{ВВСТ}$ и эффективности $W_i^{ВВСТ}$ решения *i*-й задачи ВС РФ ($\forall i=\overline{1,I}$) только традиционным ВВСТ.

2. Оценка стоимости $C_i^{ПО}$ и эффективности $W_i^{ПО}$ решения *i*-й задачи ВС РФ ($\forall i=\overline{1,I}$) совместно традиционным ВВСТ и перспективным оружием (ПО).

3. Военно-экономическая оценка полученных результатов:

а) $W_i^{ВВСТ}$ и $W_i^{ПО}$ при фиксированной (заданной) стоимости C_i решения *i*-й задачи;

б) $C_i^{ВВСТ}$ и $C_i^{ПО}$ при фиксированной (требуемой) эффективности W_i решения *i*-й задачи.

Таким образом, задача выбора рационального состава образцов перспективного оружия с использованием метода военно-экономической оценки является многокритериальной и многовариантной задачей. Для ее решения целесообразно использовать методологию военно-эконо-

мического обоснования интеграции нетрадиционных видов оружия в состав системы вооружения ВС РФ [1, 4]. Блок-схема алгоритма для обоснования выбора рационального состава образцов перспективного оружия с использованием данной методологии включает в себя следующие основные этапы (рисунок 2).

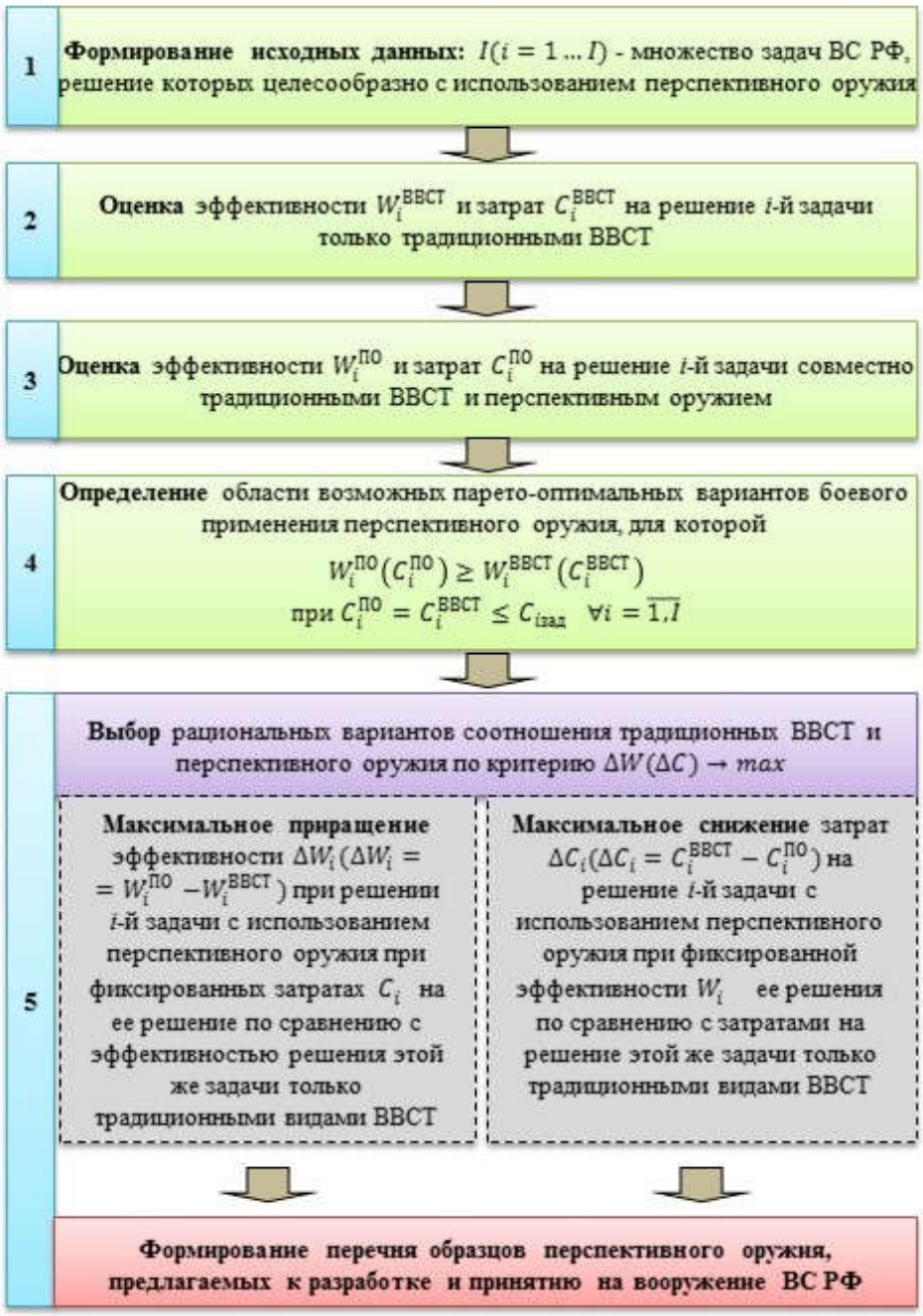

Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма для обоснования выбора рационального состава образцов перспективного оружия

Этап 1. Формирование исходных данных, в том числе для $\{i\}(i=1\ldots I)$ – множество задач ВС РФ, решение которых целесообразно с использованием перспективного оружия.

Этап 2. Оценка эффективности ($W_i^{ВВСТ}$) и затрат ($C_i^{ВВСТ}$) на решение i-й задачи только традиционным ВВСТ.

Этап 3. Оценка эффективности ($W_i^{ПО}$) и затрат ($C_i^{ПО}$) на решение *i*-й задачи совместно традиционным ВВСТ и перспективным оружием.

Этап 4. Определение области возможных парето-оптимальных (недоминируемых) вариантов боевого применения перспективного оружия, в которой $W_i^{ПО}$ будет больше чем $W_i^{ВВСТ}$ при использовании только традиционных ВВСТ:

$$W_i^{ПО}(C_i^{ПО}) \geqslant W_i^{ВВСТ}(C_i^{ВВСТ}) \text{ при } C_i^{ПО} = C_i^{ВВСТ} \leqslant C_{i\,зад}, \forall i = \overline{1,I}. \quad (1)$$

Этап 5. Выбор рациональных вариантов соотношения традиционных ВВСТ и перспективного оружия по критерию $\Delta W(\Delta C) \rightarrow \max$. При этом возможны два основных направления военно-экономической оценки:

а) оценка приращения эффективности $\Delta W_i \left(\Delta W_i = W_i^{ПО} - W_i^{ВВСТ}\right)$ при решении *i*-й задачи с использованием перспективного оружия при фиксированных затратах C_i на ее решение по сравнению с эффективностью решения этой же задачи только традиционными видами ВВСТ;

б) оценка снижения затрат $\Delta C_i \left(\Delta C_i = C_i^{ВВСТ} - C_i^{ПО}\right)$ на решение *i*-й задачи с использованием перспективного оружия при фиксированной эффективности W_i ее решения по сравнению с затратами на решение этой же задачи только традиционными видами ВВСТ.

В результате выполнения указанных действий определяется рациональный вариант (область рациональных вариантов) совместного использования перспективного оружия и традиционных видов ВВСТ для каждой типовой ситуации их боевого применения, который служит основой при формировании предложений в Перечень.

В основе ***метода оценки соответствия ТТХ образца перспективного оружия предъявляемым требованиям*** лежит традиционный сравнительный анализ отдельных характеристик образцов перспективного оружия и их свертка в интегральный обобщенный показатель – коэффициент технического уровня (КТУ) [3, 7].

Оценка соответствия ТТХ образца перспективного оружия предъявляемым требованиям включает в себя следующие основные этапы (рисунок 3).

Этап 1. Определение эталонного образца перспективного оружия с характеристиками $X_{ij(Э)}$.

Этап 2. Определение приведенного значения *i*-й характеристики *j*-го сравниваемого образца перспективного оружия ($\overline{X_{ij}}$), причем для некоторых ТТХ образцов перспективного оружия из общего их множества $\{X_{ij}\}$, которым присуща логика оценки «меньше – лучше», проводится операция инвертирования относительно единицы:

$\overline{X_{ij}} = X_{ij}$, если лучшим считается образец с большим значением характеристики;

$\overline{X_{ij}} = \dfrac{1}{X_{ij}}$ – для характеристик, сравниваемых по принципу «меньше – лучше».

Этап 3. Определение соотношения между приведенными характеристиками сравниваемого и эталонного образцов перспективного оружия:

$$X_{ij}(O)^* = \frac{\overline{X_{ij}(O)}}{\overline{X_{ij}(Э)}}. \quad (2)$$

Этап 4. Определение КТУ:

$$K_{ТУ_{j(O)}} = \sum_{i=1}^{I} k_{ij}^{B} \cdot X_{ij}(O)^*, \quad (3)$$

где k_{ij}^{B} – коэффициент относительной важности *i*-й характеристики, причем $\sum_{i=1}^{I} k_{ij}^{B} = 1$.

Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма оценки соответствия ТТХ образца перспективного оружия предъявляемым требованиям

Коэффициенты относительной важности могут оцениваться по методике, приведенной в [6].

Наиболее надежным методом решения задачи определения коэффициентов относительной важности, распространенным на практике, является метод собственных значений Т. Саати [6]. При использовании этого метода на первом этапе осуществляются парные сравнения оцениваемых характеристик. Практика показывает, что парные сравнения – это наиболее удобная форма выражения предпочтений. Затруднения при осуществлении парных сравнений характеристик сводятся до минимума, а избыточная информация, содержащаяся в целиком заполненной матрице парных сравнений, позволяет в процессе обработки существенно уменьшить влияние ошибок, допущенных экспертами при осуществлении элементарных операций попарного сопоставления ценностей отдельных характеристик. Более подробно содержание метода и примеры его практического использования приведены в [3, 4, 7].

Этап 5. Формирование перечня образцов перспективного оружия.

На данном этапе осуществляется ранжирование образцов перспективного оружия по показателям КТУ и формируются предложения в Перечень.

В ***методе экспертных оценок*** объектом экспертных оценок являются непосредственно образцы перспективного оружия, предлагаемые к включению в Перечень, и оценки проводятся с учетом широкого спектра критериев. Задача формирования Перечня формулируется следующим образом: по результатам оценки исходной совокупности предложений по созданию образцов перспективного оружия на основе заданного набора критериев сформировать перечень образцов, планируемых к созданию в предстоящий программный период. В наиболее общем виде блок-схема алгоритма для формирования перечня образцов перспективного оружия показана на рисунке 4.

Этап 1. Формирование экспертных групп.

С целью максимально полного учета мнений различных сторон и выработки единого взгляда на направления развития перспективного оружия в экспертную группу по оценке предложе-

ний в перечень привлекаются эксперты от ОВУ, НИО Минобороны России, ведущих организаций ОПК, РАН и высшей школы, специализирующихся в данной предметной области.

Этап 2. Оценка компетентности экспертов.

В рамках настоящего этапа осуществляются:

- оценка квалификации эксперта;
- оценка степени аргументации эксперта;
- оценка компетентности эксперта с учетом мнений представителей экспертного сообщества.

Более подробно алгоритмы проведения соответствующих оценок приведены в [8-10].

Этап 3. Экспертная оценка предложений по системе критериев.

Критерии оценки предложений в перечень образцов перспективного оружия формируются на основе анализа:

- литературных источников по вопросам программно-целевого планирования развития перспективного оружия в России и за рубежом;
- действующих концептуальных, нормативно-правовых и технических документов;
- опыта формирования перечней образцов перспективного оружия, планируемых к созданию в предыдущих программных периодах, а также в ходе разработки предложений по мероприятиям программы развития базовых военных технологий.

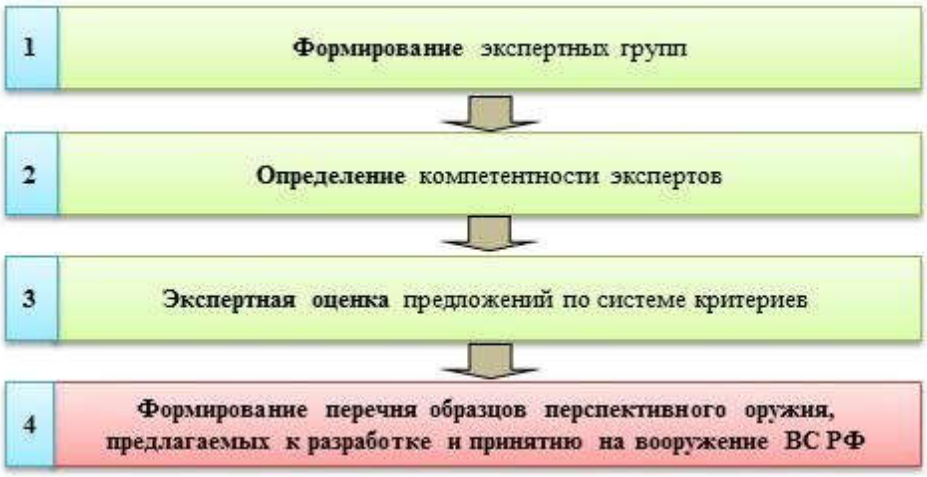

Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма для формирования перечня образцов перспективного оружия

Для оценки предложений в перечень образцов перспективного оружия целесообразно использовать критерии, приведенные в таблице 1.

Для оценки актуальности предложений по созданию образцов перспективного оружия можно использовать медианы и дисперсии критериальных оценок, которые определяются следующим образом (при условии нормировки значений компетентности экспертов $\sum_{k=1}^{K} r_k = 1$) [8-10]:

$$m_{ij} = \sum_{k=1}^{K} r_k \cdot g_{ij}^k, \tag{4}$$

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^{K} r_k \cdot \left| m_{ij} - g_{ij}^k \right|, \tag{5}$$

где m_{ij} – медиана критериальных оценок i-го предложения ($i = 1 \ldots I$) по j-му критерию $j = 1 \ldots J$;

d_{ij} – дисперсия критериальных оценок *i*-го предложения по *j*-му критерию;

r_k – коэффициент компетентности *k*-го эксперта;

g_{ij}^k – оценка *k*-м экспертом ($k=1\ldots K$) *i*-го предложения по *j*-му критерию, в соответствии с вербально-числовой шкалой, приведенной в таблице.

Таблица 1 – Критерии оценки предложений в перечень образцов перспективного оружия и их вербально-числовые шкалы

Наименование критерия	Вербально-числовая оценка
Возможность решения принципиально новых военно-технических задач (ВТЗ)	1 – низкая (образец не решает принципиально новые ВТЗ)
	2 – средняя (образец решает одну принципиально новую ВТЗ)
	3 – высокая (образец решает несколько принципиально новых ВТЗ)
Возможность парирования угроз безопасности РФ в военно-технической сфере	1 – низкая (образец не парирует ни одной угрозы)
	2 – средняя (образец парирует одну угрозу)
	3 – высокая (образец парирует несколько угроз)
Возможность повышения эффективности решения задач при совместном применении с традиционным ВВСТ	1 – низкая (образец не повышает эффективность совместного решения задач)
	2 – средняя (образец незначительно повышает эффективность совместного решения задач)
	3 – высокая (образец значительно повышает эффективность совместного решения задач)
Уровень развития производственной, лабораторной и испытательной базы	1 – низкий (производственная, лабораторная и испытательная база не позволяет реализовать предъявляемые требования)
	2 – средний (производственная, лабораторная и испытательная база позволяет реализовать 50% предъявляемых требований)
	3 – высокий (производственная, лабораторная и испытательная база позволяет реализовать все предъявляемые требования)
Время на разработку	1 – более 5 лет
	2 – от 1 года до 5 лет
	3 – до 1 года
Потребный объем ассигнований на реализацию	1 – высокий (свыше 5 млрд руб.)
	2 – средний (от 1 до 5 млрд руб.)
	3 – низкий (до 1 млрд руб.)

На основе медиан и дисперсий рассчитывается индекс важности *IV* и индекс согласованности *IS* *i*-го предложения:

$$IV_i=\sum_{j=1}^{J}\omega_j\cdot m_{ij}\,,\ IS_i=\sum_{j=1}^{J}\omega_j\cdot d_{ij}\,,\ \sum_{j=1}^{J}\omega_j=1\,, \qquad (6)$$

где ω_j – весовой коэффициент *j*-го критерия.

Этап 4. На основе полученных индексов важности *IV* и согласованности *IS* осуществляется упорядочение предложений и формирование Перечня.

Пример формирования Перечня на основе результатов экспертизы предложений по созданию образцов перспективного оружия показан на рисунке 5.

Все предложения отображаются в виде точек на графике, где ось абсцисс – это шкала важности, а ось ординат – шкала согласованности. В правом нижнем квадранте располагаются предложения для включения в Перечень. В правом верхнем квадранте находятся предложения, для которых необходима дополнительная экспертиза. Левый верхний и левый нижний квадрант – это предложения, которые являются неактуальными.

Заключение

Таким образом, в статье рассмотрены алгоритмы формирования перечня образцов перспективного оружия, предлагаемых к разработке и принятию на вооружение ВС РФ, на основе

комплексного использования следующих методов, апробированных в практике военно-экономического обоснования ВВСТ:

- метод военно-экономической оценки (при наличии исходных данных по эффективности и затратам на применение образцов перспективного оружия совместно с традиционными видами ВВСТ в типовых ситуациях);
- метод оценки соответствия ТТХ образцов перспективного оружия требованиям, предъявляемым к ним в типовых ситуациях боевого применения (при наличии исходных данных по значениям ТТХ);
- метод экспертных оценок (при недостаточном объеме исходных данных в предложениях по образцам перспективного оружия).

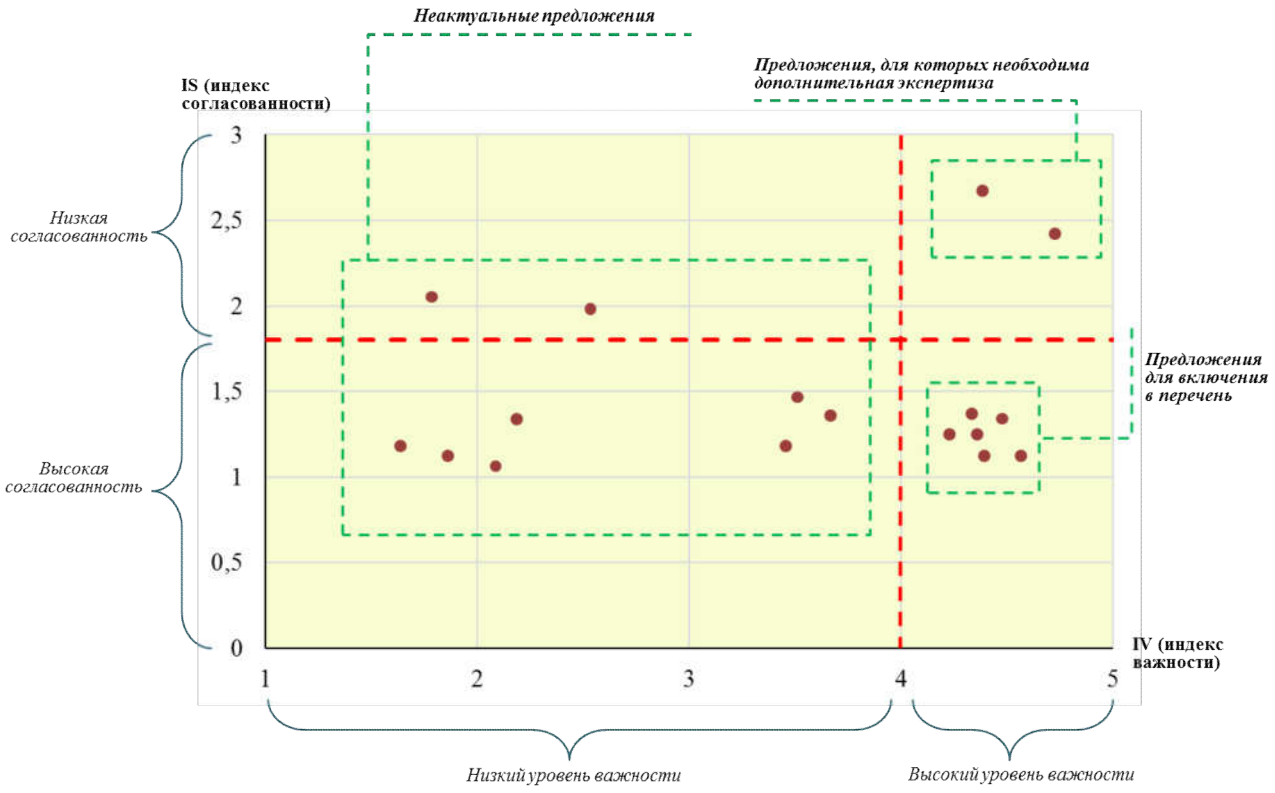

Рисунок 5 – Наглядное отображение результатов экспертизы предложений

Совместное использование понятия «типовая ситуация» боевого применения перспективного оружия и принципа комплексирования различных алгоритмов обоснования его рационального состава позволяет в зависимости от степени достаточности исходных данных в предложениях по созданию образцов перспективного оружия сформировать рациональный перечень образцов, обеспечивающих решение существующих и перспективных военно-технических задач ВС РФ.

Предложенные авторами алгоритмы формирования перечня образцов перспективного оружия могут быть использованы на этапе формирования типажа ВВСТ ВС РФ и обоснования предложений в проект государственной программы вооружения (государственного оборонного заказа).

Список использованных источников

1. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Инновационно-технологические пути обеспечения национальной безопасности России. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 268 с.

2. Зайцев Д.В., Сосков Д.Ю., Салов В.Е., Орлянский В.И. Проблемы математического моделирования боя с применением оружия направленной энергии и возможные пути их решения. – Сергиев Посад: 12 ЦНИИ МО РФ, 2017. – 64 с.

3. Буренок В.М., Погребняк Р.Н., Скотников А.П. Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения. – М.: Машиностроение, 2010. – 368 с.

4. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения. – М.: Граница, 2007. – 408 с.

5. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: Учебник. – М.: ВУ, 2015. – 340 с.

6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.

7. Семенов С.С. Оценка качества и технического уровня сложных систем: Практика применения метода экспертных оценок. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 352 с.

8. Ирзаев Г.Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий. – М.: Инфра-Инженерия, 2010. – 192 с.

9. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. – М.: Патент, 1996. – 241 с.

10. Кравченко А.Ю., Смирнов С.С., Хованов Д.Г. Методика определения приоритетов научно-технологического развития в военной сфере с учетом финансовых ограничений // Транспортное дело России. – 2015. – Вып. 1. – С. 85-89.