

УДК 623.4

Е.А. АНТОХИН

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ РАЦИОНАЛЬНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ (ТИПАЖА) АКТИВНЫХ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПО КРИТЕРИЮ «ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ – СТОИМОСТЬ»

*В статье на основе анализа боевых свойств и формирования предварительного перечня представительных тактико-технических характеристик активных экзоскелетов военного назначения предложен методический подход к обоснованию их рациональной номенклатуры (типажа) по критерию «военно-технический уровень-стоимость» в целях реализации мероприятий программно-целевого планирования развития элементов боевой экипировки военнослужащих.*

**Ключевые слова:** боевая экипировка военнослужащих; активный экзоскелет военного назначения; боевые свойства активных экзоскелетов военного назначения; коэффициент военно-технического уровня; рациональная номенклатура (типаж); программно-целевое планирование развития боевой экипировки военнослужащих.

### Введение

На современном этапе дальнейшее совершенствование и качественное обновление боевой экипировки военнослужащих (БЭВ) отечественные и иностранные военные аналитики связывают с включением в ее состав принципиально новых элементов – индивидуальных антропоморфных экзоскелетных конструкций (экзоскелетов) различного целевого предназначения [1-3].

Под экзоскелетом военного назначения подразумевается разновидность роботизированного средства военного назначения, предназначенная для увеличения силы мышц и/или расширения амплитуды движений оператора за счет внешнего каркаса и приводящих элементов<sup>1</sup>.

Анализ указанного определения показывает, что оно не охватывает номенклатуру экзоскелетов, в которых источником энергии служит только мышечная сила оператора.

По мнению автора, предлагается принять уточненное определение термина «экзоскелет военного назначения» в следующей редак-

---

<sup>1</sup> ГОСТ РВ 0101-002-2018. Робототехнические комплексы военного назначения. Термины и определения.

ции. *Экзоскелет военного назначения* – индивидуальная антропоморфная носимая внешняя каркасная шарнирно-рычажная конструкция, предназначенная для увеличения силовых возможностей и/или снижения силомоментного воздействия на опорно-двигательный аппарат военнослужащего<sup>2</sup>.

Все экзоскелеты, в том числе и военного назначения, по наличию в их составе источника энергии и силовых приводов принято подразделять на *пассивные* и *активные*<sup>3</sup>.

*Пассивный экзоскелет* – экзоскелет, функционирование которого осуществляется за счет только мышечной силы оператора.

*Активный экзоскелет* – экзоскелет с интегрированными в его конструкцию силовыми приводами, функционирование которых обеспечивается источником (источниками) энергии.

Военные эксперты отмечают, что пассивные экзоскелеты сегодня не способны в полной мере оказать требуемую поддержку военнослужащему в современном бою, так как принципы, заложенные в основу их построения (в первую очередь, отсутствие в конструкции силовых приводов), априори не позволяют достичь приемлемых показателей по обеспечению компенсации воздействия нагрузки. Это обуславливает приоритетность включения в состав перспективного комплекта БЭВ экзоскелетных конструкций активного типа [1].

В сложившихся условиях разработка методического аппарата по обоснованию рациональной номенклатуры (типажа) активных экзоскелетов военного назначения (АЭВН) по критерию «военно-технический уровень – стоимость» в целях реализации мероприятий программно-целевого планирования развития элементов БЭВ представляется актуальной задачей военной теории и практики.

## Предлагаемое решение

### 1. Постановка задачи

Рассматривается тактическое воинское формирование (ВФ), оснащаемое однотипными активными экзоскелетами военного назначения (АЭВН).

---

<sup>2</sup> Экзоскелеты военного назначения. Термины и определения. Классификация. Основные положения: методические материалы. М.: 46 ЦНИИ Минобороны России, 2021. – С. 24.

<sup>3</sup> Там же.

Имеется:  $N$  различных конкурирующих образцов АЭВН для оснащения ВФ. Для каждого образца АЭВН известны его тактико-технические характеристики (ТТХ), а также затраты на его закупку и эксплуатацию.

Необходимо: для оснащения ВФ осуществить рациональный выбор образца АЭВН, обладающего требуемым военно-техническим уровнем и удовлетворяющего условиям минимизации затрат на его закупку и эксплуатацию.

## *2. Выбор представительных тактико-технических характеристик АЭВН*

Исходя из работ [4-7] предлагается принять следующую номенклатуру основных боевых и эксплуатационно-технических свойств АЭВН.

*1. Автономность* – свойство АЭВН непрерывно функционировать в течение заданного времени без замены или подзарядки (заправки) источника энергии в режиме интенсивного выполнения задач по предназначению.

По мнению отечественных и зарубежных специалистов, основным показателем, характеризующим автономность АЭВН, является время (продолжительность) непрерывной работы с использованием штатного источника энергии без его подзарядки или замены. В качестве дополнительных показателей, характеризующих автономность, могут применяться: возможность подзарядки от промышленной или бортовой сети боевых машин в процессе применения по назначению; способность использовать различные виды источников питания и топливных элементов и др.

*2. Уровень защиты военнослужащего-оператора* – свойство АЭВН обеспечивать защиту военнослужащего-оператора от поражающих факторов оружия и опасных факторов боевой деятельности при выполнении боевых задач. Основными частными показателями, характеризующими уровень защиты АЭВН военнослужащего-оператора, являются:

- наличие, состав и площадь интегрированных (съемных) средств бронезащиты, их противопульная, противоосколочная, противоминная и дифференцированная стойкости;

- наличие, состав и площадь интегрированных (съемных) средств защиты от оружия массового поражения;

- наличие и состав средств предупреждения об опасности (средств обнаружения взрывных устройств, химического заражения, а также лазерного, радиолокационного и радиационного облучения).

3. *Подвижность* – свойство АЭВН обеспечивать военному-оператору возможность ведения активных боевых действий в пешем порядке в различных ландшафтных условиях. Основными частными показателями, характеризующими подвижность, могут являться обеспечение АЭВН для военному-оператора возможность:

передвигаться шагом, ускоренным шагом, бегом;  
преодолевать различные препятствия и водные преграды;  
свободного движения головой, шеей, туловищем, верхними и нижними конечностями (опускаться на колено, садиться, ложиться, вставать, прыгать с высоты до 2 метров и др.).

4. *Грузоподъемность* – свойство АЭВН к подъему и удержанию с требуемой стабилизацией груза установленной массы на заданной высоте. Предлагается в качестве основных частных показателей, характеризующих грузоподъемность АЭВН, использовать максимальную массу поднимаемого груза или максимальное развиваемое усилие грузоподъемного устройства.

5. *Компенсация силового воздействия нагрузки* – свойство АЭВН обеспечивать разгрузку военному-оператора. В качестве основного частного показателя, характеризующего данное свойство АЭВН, предлагается использовать коэффициент компенсации силового воздействия нагрузки, представляющий собой отношение поднимаемого (удерживаемого) веса к весу, воспринимаемому при этом военному-оператором.

Стоит отметить, что единый методический аппарат по проведению испытаний и военно-технических экспериментов в целях достоверной количественной оценки указанного показателя до настоящего времени окончательно не сформирован. Решение указанной задачи предлагается выполнить в ходе развернутых исследований в рамках специализированного цикла научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

6. *Управляемость* – свойство АЭВН обеспечивать требуемую быстроту реакции на управляющее воздействие военному-оператора. В качестве основного показателя, характеризующего управляемость АЭВН, предлагается использовать среднее время реакции системы управления АЭВН на управляющее воздействие военному-оператора.

7. *Эргономичность* – свойство АЭВН обеспечивать удобство и быстроту технического обслуживания, подготовки и применения для выполнения задач по назначению. В качестве показателей, характеризующих эргономичность АЭВН, могут быть использованы следующие: время надевания (снятия); наличие систем поддержания микроклимата и экстренного сброса; возможность подгонки под антропометрические параметры военнослужащего-оператора; удобство применения и совместного использования с другими элементами БЭВ и т.д.

В настоящее время необходимость достоверной и объективной оценки указанного свойства АЭВН требует разработки соответствующих методических подходов к проведению их экспериментальных исследований и натурных испытаний.

8. *Транспортабельность* – свойство АЭВН обеспечивать возможность его перевозки всеми видами транспорта без ограничения расстояния. В качестве основных показателей, характеризующих транспортабельность АЭВН, предлагается использовать его массу и габаритные размеры.

9. *Надежность* – свойство АЭВН выполнять задачи по назначению, сохраняя во времени значения установленных боевых и эксплуатационно-технических показателей, соответствующих заданным режимам и условиям применения, технического обслуживания, ремонта и хранения. Надежность является комплексным свойством и складывается из безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. В этой связи в качестве основных показателей, характеризующих надежность АЭВН, целесообразно использовать: среднее время наработки на отказ; назначенный срок службы, среднее время восстановления работоспособности и срок хранения в заданных условиях.

Для обоснования выбора в целях формирования рациональной номенклатуры (типажа) в интересах реализации программно-целевого планирования развития элементов БЭВ представляется целесообразным использовать обобщенный системный показатель, совокупно отражающий степень проявления боевых и эксплуатационно-технических свойств в каждом рассматриваемом образце АЭВН.

Тогда рассматриваемый показатель  $X_{\text{АЭВН}}$  может быть представлен совокупностью количественных оценок его свойств:

$$X_{\text{АЭВН}} = \{A; B; C; D; E; F; G; H; I\}, \quad (1)$$

а также совокупностью  $K_{\text{АЭВН}}$  соответствующих свойствам весовых коэффициентов их значимости:

$$K_{\text{АЭВН}} = \{k_A; k_B; k_C; k_D; k_E; k_F; k_G; k_H; k_I\}, \quad (2)$$

где:  $A; B; C; D; E; F; G; H; I$  – количественная оценка показателей, характеризующих соответственно свойства: автономность, защищенность, подвижность, грузоподъемность, компенсацию силового воздействия нагрузки, управляемость, эргономичность, транспортабельность и надежность.

Формирование законченного перечня представительных ТТХ (максимально влияющих на эффективность АЭВН) полагается целесообразным выполнить на основе анализа следующих опросных данных, полученных от трех групп экспертов, в ходе:

оценки перечня тактико-технических требований (ТТТ), задаваемых в технических заданиях на разработку образца АЭВН;

проведения опытно-войсковой эксплуатации (ОВЭ) образцов АЭВН;

апробации образцов АЭВН в реальных условиях боевых действий (БД).

По результатам анализа всей совокупности полученных опросных данных в законченный перечень представительных ТТХ АЭВН включают те характеристики, которые были отмечены экспертами всех трех групп. В формализованном виде это можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} X_{\text{ТТТ}} &= \{x_{nk}^{\text{ТТТ}}\}, n = \overline{1, N}, k_n \in K_n; \\ X_{\text{ОВЭ}} &= \{x_{nk}^{\text{ОВЭ}}\}, n = \overline{1, N}, k_n \in K_n; \\ X_{\text{БД}} &= \{x_{nk}^{\text{БД}}\}, n = \overline{1, N}, k_n \in K_n, \end{aligned} \quad (3)$$

где:  $X_{\text{ТТТ}}; X_{\text{ОВЭ}}; X_{\text{БД}}$  – совокупности ТТХ описываемых образцов АЭВН, полученных в ходе опроса экспертов каждой группы;

$x_{nk}^{\text{ТТТ}}; x_{nk}^{\text{ОВЭ}}; x_{nk}^{\text{БД}}$  –  $k$ -я характеристика  $n$ -го образца АЭВН, полученные в ходе опроса экспертов каждой группы;

$K_n$  – количество ТТХ, описывающих свойства  $n$ -го образца АЭВН;

$N$  – количество конкурирующих образцов АЭВН;

$n$  – порядковый номер образца АЭВН.

Тогда искомый перечень представительных ТТХ АЭВН  $X_{\text{иск}}$ , оказывающих максимальное влияние на эффективность применения АЭВН, можно записать в виде:

$$X_{\text{иск}} = X_{\text{ТТТ}} \cap X_{\text{ОВЭ}} \cap X_{\text{БД}}. \quad (4)$$

По результатам анализа работ [1; 4; 5; 8] на начальном этапе может быть предложен следующий перечень представительных ТТХ АЭВН (таблица 1).

На предварительном этапе отбора образцы АЭВН, не обеспечивающие требуемые возможности по преодолению препятствий и обеспечению свободы движений, а также не получившие положительную экспертную оценку удобства применения исключаются из дальнейшего рассмотрения.

Таблица 1 – Предлагаемый перечень представительных ТТХ АЭВН

| Боевые и технико-эксплуатационные свойства АЭВН | Представительные ТТХ, отражающие данное свойство АЭВН                                           |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Автономность                                    | Время непрерывной работы (А), ч                                                                 |
| Защищенность                                    | Класс бронезащиты жизненно важных органов (В)                                                   |
| Подвижность                                     | Максимальная скорость передвижения (С), км/ч                                                    |
|                                                 | Возможности по преодолению препятствий (проверяются на предварительном этапе)                   |
|                                                 | Возможности по обеспечению свободы движений (проверяются на предварительном этапе)              |
| Грузоподъемность                                | Максимальная масса поднимаемого груза (D), кг                                                   |
| Компенсация силового воздействия нагрузки       | Коэффициент компенсации силового воздействия нагрузки (E)                                       |
| Управляемость                                   | Среднее время реакции системы управления АЭВН на управляющее воздействие (F), с.                |
| Эргономичность                                  | Среднее время надевания (G <sub>1</sub> ), с                                                    |
|                                                 | Среднее время снятия (G <sub>2</sub> ), с                                                       |
|                                                 | Экспертная оценка удобства применения (проверяются на предварительном этапе)                    |
| Транспортабельность                             | Масса (H <sub>1</sub> ), кг                                                                     |
|                                                 | Габаритные размеры: Длина (H <sub>2</sub> )*Ширина(H <sub>3</sub> )*Высота (H <sub>4</sub> ), м |
| Надежность                                      | Среднее время наработки на отказ (I <sub>1</sub> ), ч                                           |
|                                                 | Среднее время восстановления работоспособности (I <sub>2</sub> ), ч                             |
|                                                 | Назначенный срок службы (I <sub>3</sub> ), лет                                                  |
|                                                 | Срок хранения в заданных условиях (I <sub>4</sub> ), лет                                        |

### 3. Расчет коэффициентов военно-технического уровня для каждого из конкурирующих образцов АЭВН

В качестве обобщенного системного показателя, совокупно отражающего степень проявления боевых и эксплуатационно-технических свойств в каждом рассматриваемом образце АЭВН, предлагается использовать коэффициент военно-технического уровня  $K_{ВТУ}$ , который может быть вычислен по классической формуле:

$$K_{ВТУ} = \sum_{i=1}^M \bar{k}_i \bar{X}_i, \quad (5)$$

где:  $i$  – порядковый номер свойства;

$M$  – общее число свойств;

$\bar{k}_i$  – нормированный весовой коэффициент  $i$ -го свойства;

$\bar{X}_i$  – относительное значение характеристики  $i$ -го свойства, вычисляемое по формуле:

$$\bar{X}_i = \begin{cases} \frac{X_i}{X_{эти}}, & \text{если повышению технического уровня соответствует увеличение характеристики;} \\ \frac{X_{эти}}{X_i}, & \text{если повышению технического уровня соответствует уменьшение характеристики,} \end{cases} \quad (6)$$

где:  $X_i$  – значение представительной ТТХ, отражающей  $i$ -е свойство;

$X_{эти}$  – эталонное значение представительной ТТХ, отражающей  $i$ -е свойство.

За эталонные величины представительных ТТХ при расчетах могут приниматься числовые значения, устанавливаемые в нормативно-технических документах либо наилучшие значения указанных ТТХ, достигнутые в существующих передовых отечественных образцах АЭВН или в их зарубежных аналогах.

Представляется также целесообразным для назначения весовых коэффициентов  $k_i$  привлекать независимых экспертов, являющихся специалистами в области БЭВ, а также аналитиками оперативно-тактического уровня. При этом в целях повышения объективности получаемых результатов рекомендуется проводить оценку согласованности мнений экспертов по известным методикам с применением таких показателей, как ранговый коэффициент конкордации либо коэффициент вариации (относительное среднеквадратичное отклонение) [7].

Весовые коэффициенты по своей сути после проведения процедуры нормирования в соответствии с формулой (7) отражают важность оцениваемого свойства, исходя из конкретного целевого предназначения экзоскелета военного назначения [9]:



$$k_i \rightarrow \bar{k}_i; \bar{k}_i \in [0; 1]; \sum_{i=1}^M \bar{k}_i = 1. \quad (7)$$

Таким образом, применительно к рассматриваемому примеру, комплексный показатель оценки  $K_{ВТУ}$  может быть вычислен по формуле:

$$K_{ВТУ} = \bar{k}_A \frac{A}{A_{ЭТ}} + \bar{k}_B \frac{B}{B_{ЭТ}} + \bar{k}_C \frac{C}{C_{ЭТ}} + \bar{k}_D \frac{D}{D_{ЭТ}} + \bar{k}_E \frac{E}{E_{ЭТ}} + \bar{k}_F \frac{F_{ЭТ}}{F} + \bar{k}_G \left( \frac{1}{2} \frac{G_{1ЭТ}}{G_1} + \frac{1}{2} \frac{G_{2ЭТ}}{G_2} \right) + \bar{k}_H \left( \frac{1}{4} \frac{H_{1ЭТ}}{H_1} + \frac{1}{4} \frac{H_{2ЭТ}}{H_2} + \frac{1}{4} \frac{H_{3ЭТ}}{H_3} + \frac{1}{4} \frac{H_{4ЭТ}}{H_4} \right) + \bar{k}_I \left( \frac{1}{4} \frac{I_1}{I_{1ЭТ}} + \frac{1}{4} \frac{I_{2ЭТ}}{I_2} + \frac{1}{4} \frac{I_3}{I_{3ЭТ}} + \frac{1}{4} \frac{I_4}{I_{4ЭТ}} \right), \quad (8)$$

где:  $\bar{K}_{АЭВН} = \{\bar{k}_A; \bar{k}_B; \bar{k}_C; \bar{k}_D; \bar{k}_E; \bar{k}_F; \bar{k}_G; \bar{k}_H; \bar{k}_I\}$  – нормированные весовые коэффициенты соответствующих свойств АЭВН;

$A; B; C; D; E; F; G_1; G_2; H_1; H_2; H_3; H_4; I_1; I_2; I_3; I_4$  – представительные ТТХ, отражающие соответствующие свойства АЭВН (таблица 1);

$A_{ЭТ}; B_{ЭТ}; C_{ЭТ}; D_{ЭТ}; E_{ЭТ}; F_{ЭТ}; G_{1ЭТ}; G_{2ЭТ}; H_{1ЭТ}; H_{2ЭТ}; H_{3ЭТ}; H_{4ЭТ}; I_{1ЭТ}; I_{2ЭТ}; I_{3ЭТ}; I_{4ЭТ}$  – эталонные значения представительных ТТХ.

#### 4. Расчет суммарных затрат на оснащение ВФ для каждого из конкурирующих образцов АЭВН

Суммарные затраты на оснащение ВФ  $n$ -м образцом АЭВН могут быть рассчитаны по формуле (9) [10]:

$$C_{ВФn} = C_0 + C_{СУМn}(T)N_n, \quad (9)$$

где суммарные затраты на закупку и содержание  $n$ -го образца ЭВН вычисляются по формуле (10) [10]:

$$C_{СУМn}(T) = C_{3n}E \left[ \frac{T}{T_n} + 1 \right] + \bar{c}_n T, \quad (10)$$

где:  $E[x]$  – операция выделения целой части числа  $x$ ;

$n \in [1, N]$  – номер образца АЭВН;

$N$  – количество конкурирующих образцов АЭВН;

$N_n$  – количество  $n$ -х образцов, подлежащих закупке для оснащения ВФ;

$C_{3n}$  – стоимость закупки  $n$ -го образца АЭВН;

$\bar{c}_n$  – среднегодовая стоимость затрат на содержание  $n$ -го образца АЭВН;

$T_n$  – назначенный срок службы  $n$ -го образца АЭВН;

$T$  – планируемое время нахождения на вооружении;

$C_0$  – общие затраты на содержание ВФ, не зависящие от типа образца АЭВН.

#### 5. Обоснованный выбор образца АЭВН в целях формирования рациональной номенклатуры (типажа)

Таким образом, на данном этапе для совокупности конкурентноспособных образцов АЭВН мы имеем рассчитанные значения ( $K_{ВТУn}, C_{ВФn}$ ),  $n \in [1, N]$ . На данном множестве должно быть определено подмножество *парето-оптимальных* вариантов выбора типажа АЭВН [10].

Для иллюстрации предлагаемого подхода по обоснованию выбора АЭВН в целях формирования рациональной номенклатуры (типажа) рассмотрим следующий гипотетический пример. Пусть в ходе расчетов для семи исследуемых образцов АЭВН были получены следующие результаты (таблица 2).

Вариант  $(K_{ВТУp}, C_{ВФp})$  доминирует ( $>$ ) над вариантом  $(K_{ВТУq}, C_{ВФq})$ , если  $(K_{ВТУp} \geq K_{ВТУq}) \& (C_{ВФp} \leq C_{ВФq})$ , причем, хотя бы одно из неравенств должно быть строгим.

Предлагаемый алгоритм формирования подмножества *парето-оптимальных* вариантов выбора типажа АЭВН состоит в следующем.

Для краткости записи обозначим вариант выбора  $Y_n = (K_{ВТУn}, C_{ВФn})$ .

*Шаг 1.* Пронумеруем все варианты множества  $Y = \{Y_n\}$  порядковыми номерами. Далее осуществляется переход к шагу 2.

*Шаг 2.* Последовательно сравниваем вариант  $Y_1$  с каждым другим вариантом множества  $Y$ . Если  $Y_1 > Y_n$ , то вариант  $Y_n$  удаляется из множества  $Y$  и далее осуществляется сравнение  $Y_1$  со следующим вариантом. Если  $Y_1 < Y_n$ , то из множества  $Y$  удаляется вариант  $Y_1$ , и осуществляется возврат к шагу 1.

Если же в результате сравнения ни одно из соотношений  $Y_1 > Y_n$  и  $Y_1 < Y_n$  не является истинным, то сравниваемые варианты остаются во множестве  $Y$ , и осуществляется возврат к шагу 1.

В результате пошагового выполнения алгоритма в исходном множестве  $Y$  останется только подмножество *парето-оптимальных* вариантов.

В рассматриваемом примере (таблица 2) подмножество *парето-оптимальных* вариантов составят образцы под номерами 1, 3, 5, 6.

Вместе с тем из данного подмножества лицо, принимающее решение, должно выбрать единственный вариант. Для этого предлагается использовать дополнительный критерий. В качестве указанного критерия могут быть использованы следующие показатели (или их совокупность).

Таблица 2 – Расчетные данные для конкурирующих образцов АЭВН

| Номер АЭВН     | 1     | 2    | 3    | 4    | 5     | 6    | 7    |
|----------------|-------|------|------|------|-------|------|------|
| $C_{ВФ}$       | 8     | 10   | 15   | 18   | 20    | 23   | 25   |
| $K_{ВТУ}$      | 0,45  | 0,34 | 0,6  | 0,53 | 0,85  | 0,92 | 0,89 |
| $K_{ВТУ}^{уд}$ | 0,056 | -    | 0,04 | -    | 0,043 | 0,04 | -    |

1) Удельный коэффициент военно-технического уровня  $K_{ВТУ}^{уд}$ , численно равный величине коэффициента военно-технического уровня, приходящейся на единицу затрат при оснащении ВФ указанным образцом АЭВН в заданном количестве:

$$K_{ВТУ}^{уд} = \frac{K_{ВТУ}}{C_{ВФ}}. \quad (11)$$

Очевидно, что в данном случае критерием будет являться достижение максимума  $K_{ВТУ}^{уд}$  при оснащении ВФ указанным образцом АЭВН в заданном количестве:

$$\arg \max \left\{ \frac{K_{ВТУn}}{C_{ВФn}} \right\}. \quad (12)$$

Расчетные значения  $K_{ВТУ}^{уд}$  для *парето-оптимальных* вариантов приведены в таблице 2. Наибольшее значение  $K_{ВТУ}^{уд}$  обеспечивает вариант номер 1.

2) Массоэффективность АЭВН, характеризуемая отношением максимальной массы поднимаемого груза к полной массе экзоскелета:

$$M_{эф} = \frac{m_{max}}{m_{АЭВН}}. \quad (13)$$

Обеспечение приемлемой массоэффективности является одной из важнейших научно-технических проблем создания экзоскелетов, которая может быть решена путем поиска и применения новейших облегченных материалов с повышенными прочностными характеристиками.

В данном случае критерием будет являться достижение максимума  $M_{эф}$  для рассматриваемого образца АЭВН:

$$\arg \max \left\{ \frac{m_{maxn}}{m_{АЭВНn}} \right\}. \quad (14)$$

## Выводы

1. Предлагаемый методический подход позволяет решать задачу программно-целевого планирования развития элементов БЭВ на основе критерия «военно-технический уровень – стоимость», что несомненно способно повысить степень объективности и обоснованности принимаемых решений и делает возможным формирование рациональной номенклатуры (типажа) АЭВН.

2. Важным шагом на пути реализации единой технической политики в области разработки и создания экзоскелетов военного назначения должна стать разработка и утверждение базового нормативно-технического документа: ОТТ «Система общих технических требований к видам вооружения и военной техники. Экзоскелетные конструкции военного назначения».

3. Данная работа носит предварительный исследовательский характер, по этой причине она ориентирована на аппарат экспертных оценок. В ходе выполнения дальнейших теоретических и натурных исследований, а также по мере накопления опыта проведения военно-технических экспериментов и испытаний АЭВН предложенный методический подход подлежит доработке и уточнению.

### Список использованных источников

1. Рыжкович В.П., Антонов А.А. Основные направления развития робототехники для Воздушно-десантных войск // Военная мысль. 2020. №6. – С. 123-130.
2. Костанян К.Б., Воробьев А.В., Чеченев М.Р. Экзоскелеты в боевой экипировке // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Энергетика. Технологии, аппараты и машины жизнеобеспечения»: сб. статей III науч.-техн. конф., Анапа-2021 (22 октября). Анапа: ВИТ «ЭРА», 2021. – С. 424-430.
3. Статников А.А. Кибернетизация и использование экзоскелетов в медицинской и военной сфере // Современные исследования. 2018. №1(05). – С. 53-55.
4. Угревский С.В., Чичков А.Н. Требования к экзоскелетам военного назначения // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2014. №11-12(77-78). – С. 114-120.
5. Новак К.В., Винокурова Ю.С. Метод исследования потенциальной эффективности применения экзоскелетов в боевой экипировке военнослужащих // Вопросы безопасности. 2016. №5. – С. 1-10.
6. Тематический сборник работ по проблемным вопросам создания и развития экзоскелетов военного назначения / Под общ. ред. О.Б. Ачасова. М.: 46 ЦНИИ Минобороны России, 2022. – 80 с.
7. Антохин Е.А., Воронин Л.Л., Меньшиков О.П., Кашин И.А. Методический подход к сравнительной оценке активных экзоскелетных конструкций военного назначения // Роботизация ВС РФ: сб. статей конф., Анапа-2020 (29-30 июля). Анапа: ВИТ «ЭРА», 2020. – С. 142-150.
8. Захаров А.В., Антохин Е.А., Воронин Л.Л. Методический подход к оценке активных экзоскелетов военного назначения // Вооружение и экономика. 2021. №4(58). – С. 111-120.
9. Хрипунов С.П., Благодарящев И.В. Аналитическая оценка образцов робототехнических комплексов военного назначения, разработанных в инициативном порядке // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2015. Т.13. №5. – С. 41-49.
10. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе / Под общ. ред. В.М. Буренка. М.: Граница, 2013. – 519 с.