УДК: 623.445 DOI: 10.53816/23061456_2021_7–8_128

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАРИАНТА КОМПЛЕКТА БОЕВОЙ ЭКИПИРОВКИ ДЛЯ ЛИЧНОГО СОСТАВА РАКЕТНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ, ЧАСТЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКТА «РАТНИК»

USING THE METHOD, IN THE ANALYSIS OF HIERARCHIES, TO DETERMINE THE VARIANT OF A SET OF COMBAT EQUIPMENT FOR THE PERSONNELOF MISSILE UNITS, UNITS AND FORMATIONS OF THE GROUND FORCES BASED ON THE SET «RATNIK»

Канд. техн. наук И.А. Спивак, С.А. Акатьев

Ph.D. I.A. Spivak, S.A. Akatiev

Михайловская военная артиллерийская академия

В настоящей статье рассматривается возможность применения метода анализа иерархий для определения оптимального (наиболее приспособленного) варианта комплекта боевой экипировки ракетных подразделений, соединений и частей Сухопутных войск на основе комплекта «Ратник». Данный метод был использован при проведении научно-исследовательской работы. Объектом исследований являлись стоящие на снабжении комплекты боевой экипировки военнослужащих «Ратник» — единый общевойсковой бронежилет, боевой нагрудник защитный, защитный комплект для членов экипажей боевых машин и боевой защитный комплект. Научные исследования проводились с учетом современных представлений о состоянии и перспективах развития средств защиты и боевой экипировки, а также особенностей службы и боевой работы личного состава ракетных подразделений, частей и соединений Сухопутных войск.
Ключевые слова: комплект боевой экипировки военнослужащего, метод анализа иерархий, матрицы сравнений.

This article considers the possibility of applying the hierarchy analysis method to determine the optimal (most adapted) version of the setoff combat equipment for missile units. Formations and units of the Ground Forces based on the «Ratnik» set. This method was used in the research work. The object of the research was the «Ratnik» military equipment kits, which are on the supply side — a uniform combined-arms body armor, a protective combat breastplate, a protective kit for crew members of combat vehicles and a combat protective kit. Scientific research was carried out taking into account modern ideas about the state and prospects for the development of protective equipment and combat equipment, as well as the characteristics of the service and combat work of personnel of missile subunits, units and formations of the Ground Forces.
Keywords: a set of combat equipment of a serviceman, a method of analyzing hierarchies, comparison matrices.

Метод анализа иерархий (Analitic hierarchy process) [1] был разработан в 1970 году американским ученым Томасом Саати. Он относится к классу многокритериальных методов, получил широкое распространение и активно используется в управленческой практике. Результат его применения приводит не к, так называемому, «правильному» решению, а к варианту наилучшим образом согласующемуся с пониманием сути проблемы и требованиями к ее решению [2].

Данный метод был использован при проведении научно-исследовательской работы «Определение состава, комплектности и требований к боевой экипировке для личного состава ракетных подразделений, частей и соединений на основе комплекта боевой экипировки военнослужащих «Ратник» (Шифр «Ратник РВиА»), целью которой являлся выбор варианта комплекта боевой экипировки военнослужащего (КБЭВ) «Ратник» для военнослужащих ракетных войск Сухопутных войск из существующих КБЭВ «Ратник» 2-го поколения [3].

Рассмотрим алгоритм применения метода анализа иерархий для решения этой задачи.

1. Определение цели, критериев, альтернатив и построение дерева альтернатив (от цели через критерии к альтернативам).

Цель: определение оптимального (наиболее приспособленного) варианта КБЭВ «Ратник».

Критерии. Наиболее важными критериями (с помощью метода экспертных оценок [4]) были определены следующие показатели (в порядке убывания):

– защита (защитные свойства КБЭВ от поражающих факторов);

– время выполнения в КБЭВ нормативов и задач по предназначению;

– удобство использования варианта КБЭВ;

– вентиляция пододежного пространства.

Альтернативы (варианты КБЭВ «Ратник» 2-го поколения):

– вариант № 1 КБЭВ «Ратник» (Единый общевойсковой бронежилет 6Б45 [5] с единым общевойсковым бронешлемом 6Б47);

– вариант № 2 КБЭВ «Ратник» (Боевой нагрудник защитный 6Б46 [6] с единым общевойсковым бронешлемом 6Б47);

– вариант № 3 КБЭВ «Ратник» (Защитный комплект для членов экипажей боевых машин 6Б48 [7]);

– вариант № 4 КБЭВ «Ратник» (Боевой защитный комплект 6Б49 [8] с единым общевойсковым бронешлемом 6Б47).

Дерево альтернатив показано на рис. 1.

2. Составление матрицы попарных сравнений с использованием системы оценок критериев по правилу:

«1» — равнозначно;

«3» («1/3») — немного лучше (немного хуже);

«5» («1/5») — лучше (хуже);

«7» («1/7») — значительно лучше (значительно хуже);

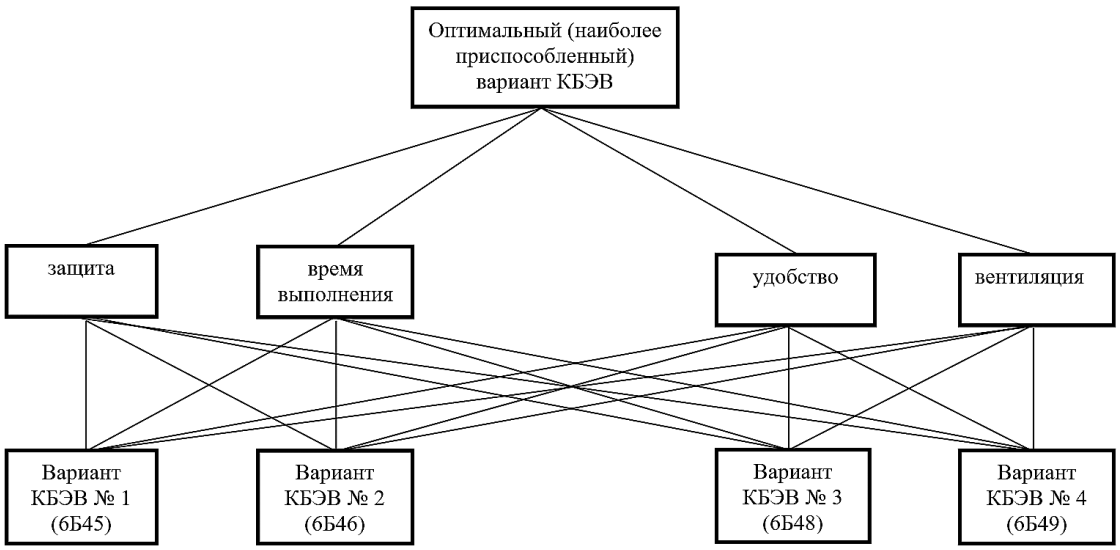

Рис. 1. Дерево альтернатив

«9» («1/9») — принципиально лучше (принципиально хуже).

При промежуточном мнении используются промежуточные баллы «2» («1/2»), «4» («1/4»), «6»(«1/6») и «8» («1/8»).

Для составления матрицы попарных сравнений (табл. 1) применяется правило:

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}};\ a_{ii} = 1,$$

где a_{ij} — отношение критерия i к критерию j.

3. Составление матриц сравнений по каждому критерию (табл. 2–5).

4. Определение весов каждого критерия для вариантов КБЭВ.

4.1 Формирование нормированной матрицы попарных сравнений (табл. 6), для этого каждый элемент матрицы попарных сравнений (табл. 1) делится на сумму соответствующего столбца S_j, S_{zj}, S_{vrj}, S_{udj}, S_{vtj}.

4.2 Определение весов критериев (табл. 7), для этого рассчитываются средние арифметические значения каждой строки нормированной матрицы.

Таким образом, в качестве предварительного вывода можно отметить, что с точки зрения удовлетворения цели (определения оптимального варианта КБЭВ) наиболее весомым является критерий «защита» (54,8 %), далее следует критерий «время» (28,1 %). Критерии «удобство» и «вентиляция» имеют наименьшие весовые коэффициенты, в сумме составляющие 17,1 %.

Таблица 1

Матрица попарных сравнений

	Защита	Время	Удобство	Вентиляция
Защита	1	3	5	7
Время	1/3 (0,333)	1	4	5
Удобство	1/5 (0,2)	1/4 (0,25)	1	3
Вентиляция	1/7 (0,143)	1/5 (0,2)	1/3 (0,333)	1
Сумма элементов столбца S_j	1,676	4,45	10,333	16

Таблица 2

Матрица сравнений вариантов КБЭВ по критерию «защита»

Защита	Варианты КБЭВ			
Варианты КБЭВ	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	1	3	5	5
№ 2	1/3 (0,333)	1	3	4
№ 3	1/5 (0,2)	1/3 (0,333)	1	4
№ 4	1/5 (0,2)	1/4 (0,25)	1/4 (0,25)	1
Сумма элементов столбца S_{zj}	1,733	4,583	9,25	14

Таблица 3

Матрица сравнений вариантов КБЭВ по критерию «время»

Время	Варианты КБЭВ			
Варианты КБЭВ	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
1	2	3	4	5
№ 1	1	3	4	5
№ 2	1/3 (0,333)	1	3	4
№ 3	1/4 (0,25)	1/3 (0,333)	1	4
№ 4	1/5 (0,2)	1/4 (0,25)	1/4 (0,25)	1
Сумма элементов столбца S_{vrj}	1,783	4,583	8,25	14

Таблица 4

Матрица сравнений вариантов КБЭВ по критерию «удобство»

Удобство	Варианты КБЭВ			
Варианты КБЭВ	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	1	2	1/3 (0,333)	5
№ 2	1/2 (0,5)	1	1/2 (0,5)	5
№ 3	3	2	1	3
№ 4	1/5 (0,2)	1/5 (0,2)	1/3 (0,333)	1
Сумма элементов столбца S_{udj}	4,7	5,2	2,166	14

Таблица 5

Матрица сравнений вариантов КБЭВ по критерию «вентиляция»

Вентиляция	Варианты КБЭВ			
Варианты КБЭВ	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	1	1/4 (0,25)	1/5 (0,2)	1/4 (0,25)
№ 2	4	1	5	4
№ 3	5	1/5 (0,2)	1	1
№ 4	4	1/4 (0,25)	1	1
Сумма элементов столбца S_{vtj}	14	1,7	7,2	6,25

Таблица 6

Нормированная матрица попарных сравнений

	Защита	Время	Удобство	Вентиляция
Защита	0,597	0,674	0,484	0,438
Время	0,199	0,225	0,387	0,313
Удобство	0,119	0,056	0,097	0,188
Вентиляция	0,085	0,045	0,032	0,063

Таблица 7

Определение весов критериев

	Сумма строки нормированной матрицы	Веса критериев (среднее арифметическое строки нормированной матрицы)	Веса критериев в %
Защита	2,193	0,548	54,8
Время	1,124	0,281	28,1
Удобство	0,46	0,115	11,5
Вентиляция	0,225	0,056	5,6

4.3 Определение весов вариантов КБЭВ по каждому критерию.

4.3.1 Формирование нормированных матриц по каждому критерию (табл. 8–11), для чего каждый элемент матриц сравнений по каждому критерию (таблицы 2–5) делится на сумму соответствующего столбца S_j, S_{zj}, S_{vrj}, S_{udj}, S_{vtj} этих же матриц.

4.3.2 Определение весов вариантов КБЭВ по каждому критерию (табл. 12–14) как средних арифметических значений строк соответствующих нормированных матриц сравнения вариант КБЭВ.

4.4 Определение весов альтернатив (вариантов КБЭВ).

Для определения матрицы весов альтернатив по совокупности критериев (табл. 17) из табл. 12–15 формируется матрица критериев вариантов КБЭВ (табл. 16) и умножается на матрицу-столбец весов критериев (табл. 7) по правилу строка на столбец (матрично).

Таблица 8

Нормированная матрица сравнений вариантов КБЭВ по критерию «защита»

Защита	Варианты КБЭВ			
Варианты КБЭВ	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	0,577	0,655	0,541	0,357
№ 2	0,192	0,218	0,324	0,286
№ 3	0,115	0,073	0,108	0,286
№ 4	0,115	0,055	0,027	0,071

Таблица 9

Нормированная матрица сравнений вариантов КБЭВ по критерию «время»

Время	Варианты КБЭВ			
Варианты КБЭВ	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	0,561	0,655	0,485	0,357
№ 2	0,187	0,218	0,364	0,286
№ 3	0,14	0,073	0,121	0,286
№ 4	0,112	0,055	0,03	0,071

Таблица 10

Нормированная матрица сравнений вариантов КБЭВ по критерию «удобство»

Удобство	Варианты КБЭВ			
Варианты КБЭВ	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	0,213	0,385	1,154	0,357
№ 2	0,106	0,192	0,231	0,357
№ 3	0,638	0,385	0,462	0,214
№ 4	0,043	0,038	0,154	0,071

Таблица 11

Нормированная матрица сравнений вариантов КБЭВ по критерию «вентиляция»

Вентиляция	Варианты КБЭВ			
Варианты КБЭВ	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	0,071	0,147	0,028	0,04
№ 2	0,286	0,588	0,694	0,64
№ 3	0,357	0,118	0,139	0,16
№ 4	0,286	0,147	0,139	0,16

Таблица 12

Веса вариантов КБЭВ по критерию «защита»

Варианты КБЭВ	Сумма строки нормированной матрицы	Веса вариантов КБЭВ (среднее арифметическое строки нормированной матрицы)	Веса вариантов КБЭВ в %
№ 1	2,13	0,533	53,3
№ 2	1,02	0,255	25,5
№ 3	0,582	0,145	14,5
№ 4	0,511	0,067	6,7

Таблица 13

Веса вариантов КБЭВ по критерию «время»

Варианты КБЭВ	Сумма строки нормированной матрицы	Веса вариантов КБЭВ (среднее арифметическое строки нормированной матрицы)	Веса вариантов КБЭВ в %
№ 1	2,058	0,515	51,5
№ 2	1,055	0,263	26,3
№ 3	0,62	0,155	15,5
№ 4	0,268	0,067	6,7

Таблица 14

Веса вариантов КБЭВ по критерию «удобство»

Варианты КБЭВ	Сумма строки матрицы	Веса вариантов КБЭВ (среднее арифметическое строки нормированной матрицы)	Веса вариантов КБЭВ в %
№ 1	1,109	0,277	27,7
№ 2	0,886	0,221	22,1
№ 3	1,699	0,425	42,5
№ 4	0,306	0,077	7,7

Таблица 15

Веса вариантов КБЭВ по критерию «вентиляция»

Варианты КБЭВ	Сумма строки нормированной матрицы	Веса вариантов КБЭВ (среднее арифметическое строки нормированной матрицы)	Веса вариантов КБЭВ в %
№ 1	0,286	0,072	7,2
№ 2	2,208	0,552	55,2
№ 3	0,774	0,194	19,4
№ 4	0,732	0,182	18,2

Таблица 16

Матрица критериев вариантов КБЭВ

Варианты КБЭВ	Критерии			
	защита	время	удобство	вентиляция
№ 1	0,533	0,515	0,277	0,072
№ 2	0,255	0,263	0,221	0,552
№ 3	0,145	0,155	0,425	0,194
№ 4	0,067	0,067	0,077	0,182

Таблица 17

Матрица весов вариантов КБЭВ

Варианты КБЭВ	Веса вариантов КБЭВ с точки зрения достижения цели (оптимальный вариант КБЭВ)	Итог (предпочтительность)	Итог в %
№ 1 (6Б45)	0,533×0,548+0,515×0,281+0,277×0,115+0,072×0,056	0,473	47,3
№ 2 (6Б46)	0,255×0,548+0,263×0,281+0,221×0,115+ 0,552×0,056	0,27	27
№ 3 (6Б48)	0,145×0,548+0,155×0,281+0,425×0,115+0,194×0,056	0,182	18,2
№ 4 (6Б49)	0,067×0,548+0,067×0,281+0,077×0,115+0,182×0,056	0,075	7,5

$$\begin{bmatrix} 0,533 & 0,515 & 0,277 & 0,072 \\ 0,255 & 0,263 & 0,221 & 0,552 \\ 0,145 & 0,155 & 0,425 & 0,194 \\ 0,067 & 0,067 & 0,077 & 0,182 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,548 \\ 0,281 \\ 0,115 \\ 0,056 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,473 \\ 0,27 \\ 0,182 \\ 0,075 \end{bmatrix}.$$

Результаты применения метода анализа иерархий были подтверждены на практике при проведении на 2-м этапе научно-исследовательской работы «Ратник РВиА» [3] опытно-войсковой эксплуатации [9] вариантов комплекта боевой экипировки и комплексной научно-исследовательской работы «Позвонок-2» [10].

Выводы

Таким образом, с точки зрения весов альтернатив, вариант КБЭВ № 1 (единый общевойсковой бронежилет 6Б45 с единым общевойсковым бронешлемом 6Б47) является наиболее предпочтительным для достижения поставленной цели — определения оптимального (наиболее приспособленного) варианта КБЭВ для личного состава ракетных подразделений, частей и соединений Сухопутных войск.

Литература

1. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. — М.: ЛКИ. 2001. 358 с.

2. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; перевод с английского Р.Г. Вачнадзе. — М.: Радио и связь. 1993. 278 с.

3. Определение состава, комплектности и требований к боевой экипировке для личного состава ракетных подразделений, частей и соединений на основе комплекта боевой экипировки «Ратник». (Шифр «Ратник РВиА») / Отчет по научно-исследовательской работе. — СПб: МВАА. 2019. 70 с.

4. Кузьмин В.Б., Орлов А.И. Статистические методы анализа экспертных оценок. — М.: Наука. 2007. С. 220–227.

5. Единый общевойсковой бронежилет 6Б45. Памятка-инструкция руководства по эксплуатации. — СПб: ООО НПФ «ТЕХИНКОМ». 2016. 70 с.

6. Боевой нагрудник защитный 6Б46. Руководство по эксплуатации ТБМЛ.305219.027 РЭ — СПб: ООО НПФ «ТЕХИНКОМ». 2015. 22 с.

7. Защитный комплект для членов экипажей боевых машин 6Б48. Руководство по эксплуатации 6Б48.00.000РЭ. — М.: ЗАО ЦВМ «Армоком». 2015. 19 с.

8. Боевой защитный комплект 6Б49. Руководство по эксплуатации АВЮЛ.250700.000РЭ. — Пермь: ЗАО «Кираса». 2015. 38 с.

9. Рекомендации СРПП (системы разработки и постановки продукции на производство), утвержденные приказом ВНИИ стандарта от 09 июля 1993 г. № 18. Р-50-605-80-93. Термины и определения.

10. Плужников А.А. Проблемные вопросы организации исследований в ходе подконтрольной эксплуатации КБЭВ «Ратник» второго поколения / Материалы установочного доклада по КНИР «Позвонок-2». — М.: ВУНЦ СВ «Общевойсковая академия ВС РФ». 2018. 18 с.

11. Илларионов М.Г. Применение метода анализа иерархий в принятии управленческих решений. ISSN 1993-0047X. «Актуальные проблемы экономики и права». 2009. № 1. С. 37–42.

12. Истраков С.Ю. Состояние и перспективы развития боевой экипировки военнослужащих Сухопутных войск. Оборонный комплекс РФ: Состояние и перспективы развития. С. 324–328. [Электронный ресурс]. URL: http://federalbook.ru/files/OPK/Soderjanue/OPK-10/III/istrakov.pdf (Дата обращения: 01.08.2020).

13. В России разработали требования к боевой экипировке до 2035 года. https://vpk.name/news/425308_v_rossii_razrabotali_trebovaniya_k_boevoi_ekipirovke_do_2035_goda.html

14. Шаклеин А.О направлениях создания боевой экипировки 3-го поколения. https://army-news.info/2013/01/o-napravleniyax-sozdaniya-boevoj-ekipirovki-3-go-pokoleniya/

15. Артамонов И.О., Маркелов Е.А. Модульный принцип построения перспективной боевой индивидуальнойэкипировки военнослужащих // Вооружение и экономика. 2018. № 2 (44). С. 51–57.

16. Грязев М.В., Кухарь В.Д., Маркелов Е.Б., Соловьев А.Э., Чуков А.Н. Поиск путей создания

математической модели выбора боевой экипировки военнослужащего (концепция рационального выбора элементов экипировки // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2017. № 2 (97). С. 93–98.

References

1. Saati T.L. Making decisions with dependencies and feedbacks. — M.: LKI. 2001. 358 p.

2. Making decisions. Method of analysis of hierarchies / T. Saaty; translated from English by R.G. Vachnadze. — M.: Radio and communication. 1993. 278 p.

3. Determination of the composition, completeness and requirements for combat equipment for personnel of missile subunits, units and formations on the basis of the «Ratnik» combat equipment set. (Code «Warrior RViA») / Report on research work. — SPb.: MVAA. 2019. 70 p.

4. Kuzmin V.B., Orlov A.I. Statistical methods of analysis of expert assessments. — M.: Nauka. 2007. P. 220–227.

5. Unified combined arms body armor 6B45. Memo-instruction manual. — St. Petersburg: OOO NPF «TEKHINKOM». 2016. 70 p.

6. Combat bib protective 6B46. Operation manual TBML.305219.027 RE — SPb.: OOO NPF «TECHINKOM». 2015. 22 p.

7. Protective kit for crew members of combat vehicles 6B48. Operation manual 6B48.00.000RE. — M.: CJSC CVM «Armokom». 2015. 19 p.

8. Combat protective kit 6B49. Operation manual AVUL.250700.000RE. — Perm: JSC «Cuirassa». 2015. 38 p.

9. Recommendations of the SRPP (systems for the development and launching of products), approved by the order of the All-Russian Research Institute of Standard dated July 09, 1993. № 18. R-50-605-80-93. Terms and Definitions.

10. Pluzhnikov A.A. Problematic issues of research organization in the course of controlled operation of KBEV «Ratnik» of the second generation / Materials of the introductory report on KNIR «Verzonok-2». — M.: VUNTS SV «Combined Arms Academy of the Armed Forces of the Russian Federation». 2018. 18 p.

11. Illarionov M.G. Application of the method of analysis of hierarchies in making management decisions. ISSN 1993-0047X. «Actual problems of economics and law». 2009. № 1. P. 37–42.

12. Istrakov S.Yu. The state and prospects for the development of combat equipment of the military personnel of the Ground Forces. Defense complex of the Russian Federation: State and development prospects. P. 324–328. [Электронный ресурс]. URL: http://federalbook.ru/files/OPK/Soderjanue/OPK-10/III/istrakov.pdf. (Дата обращения: 01.08.2020).

13. Russia has developed requirements for combat equipment until 2035. https://vpk.name/news/425308_v_rossii_razrabotali_trebovaniya_k_boevoi_ekipirovke_do_2035_goda.html

14. Shaklein A.O. About the directions of creation of the 3rd generation combat equipment. https://army-news.info/2013/01/o-napravleniyax-sozdaniya-boevoj-ekipirovki-3-go-pokoleniya/

15. Artamonov I.O., Markelov E.A. The modular principle of constructing a promising individual combat equipment for military personnel // Armament and Economics. 2018. № 2 (44). P. 51–57.

16. Gryazev M.V., Kukhar V.D., Markelov E.B., Soloviev A.E., Chukov A.N. Search for ways to create a mathematical model for the choice of military equipment (the concept of a rational choice of items of equipment // Bulletin of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences. 2017. № 2 (97). P. 93–98.