

УДК 351.864:001.89 (043.2)

Б.А. ДЕМИДОВ, М.В. НАУМЕНКО, О.А. ХМЕЛЕВСКАЯ

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ РИСКА МОДЕРНИЗАЦИИ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ НЕСТОХАСТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Рассматриваются вопросы, связанные с планированием модернизации образцов вооружения и военной техники (ВВТ) в условиях нестохастической неопределенности. Приведены основные подходы, которые могут быть использованы для оценивания уровня ожидаемого риска при модернизации ВВТ. Предложена классификация факторов риска, наиболее существенно влияющих на процесс реализации проекта модернизации образцов ВВТ. Обоснован методический подход к оцениванию риска модернизации образца вооружения и военной техники в условиях нестохастической неопределенности с использованием математического аппарата нечеткой логики и метода анализа иерархий. Предложена агрегированная оценка общего риска реализации варианта модернизации образца ВВТ.

Ключевые слова: модернизация, неопределенность, риск, рискообразующие факторы, уровень риска, лингвистическая переменная, агрегированная оценка риска.

Введение

Процессы формирования и реализации планов развития ВВТ, в том числе и планов модернизации существующих образцов, подвержены воздействию различных факторов, к числу которых относятся и факторы риска. Термин «риск» обычно используется в смысле возможности проявления каких-то неблагоприятных событий, препятствующих достижению запланированной цели, обуславливающих неуспех планируемых действий, появление опасности реализации неблагоприятного их исхода (негативного отклонения фактически получаемого результата от запланированного). Применительно к рассматриваемой задаче под риском будем понимать возможность срыва (невыполнения) плана модернизации образца ВВТ из-за неопределенностей, обусловленных различными факторами, которые объективно существуют на этапах его формирования и реализации [1].

В общем случае задачу обеспечения реализации плана модернизации образца ВВТ в условиях проявления факторов риска с некоторой условностью можно представить совокупностью двух взаимосвязанных процессов: процессом выявления, анализа и оценивания уровня возможных видов риска при планировании модернизации рассматриваемого образца и процессом непосредственного управления риском при реализации плана.

Основной материал

Для оценивания уровня ожидаемого риска могут быть использованы два подхода – вероятност-

ный подход и подход, основанный на категории возможности (на методах нечеткой логики).

В первом случае для оценивания риска используются вероятностные показатели, оценочные (прогнозные) значения которых определяются по статистическим данным, полученным на этапах предшествующих модернизаций образцов ВВТ аналогичного назначения (образцов-аналогов) [2].

При отсутствии (или недостаточности) таких данных приходится обращаться ко второму подходу, основанному на представлении факторов риска как лингвистических переменных и использовании методов экспертного оценивания риска в условиях нестохастической неопределенности. В данном случае возможны различные методические схемы оценивания риска с использованием экспертных данных [7].

Далее рассматривается предлагаемая для применения схема, основанная на структуризации факторов риска модернизации образца ВВТ с построением соответствующей иерархической структурной модели и комбинированием метода анализа иерархий (МАИ) и методов на основе нечетких множеств и знаний (нечеткой логики).

С точки зрения обеспечения государственных интересов и требуемого уровня боеспособности модернизируемого образца ВВТ риск реализации плана его модернизации должен рассматриваться, исходя из целей заказчика ВВТ, формирующего план. В соответствии с ними реализуемость того или иного варианта модернизации образца ВВТ должна оцениваться комплексно с учетом прежде всего научно-технического, финансово-экономического и

производственно-технологического аспектов модернизации и соответствующих базовых групп рисков, т.е. групп факторов научно-технического, финансово-экономического и производственно-техно-

логического рисков. Каждая из этих базовых групп рискообразующих факторов, как правило, состоит из нескольких соответствующих внутригрупповых факторов риска (рис. 1).

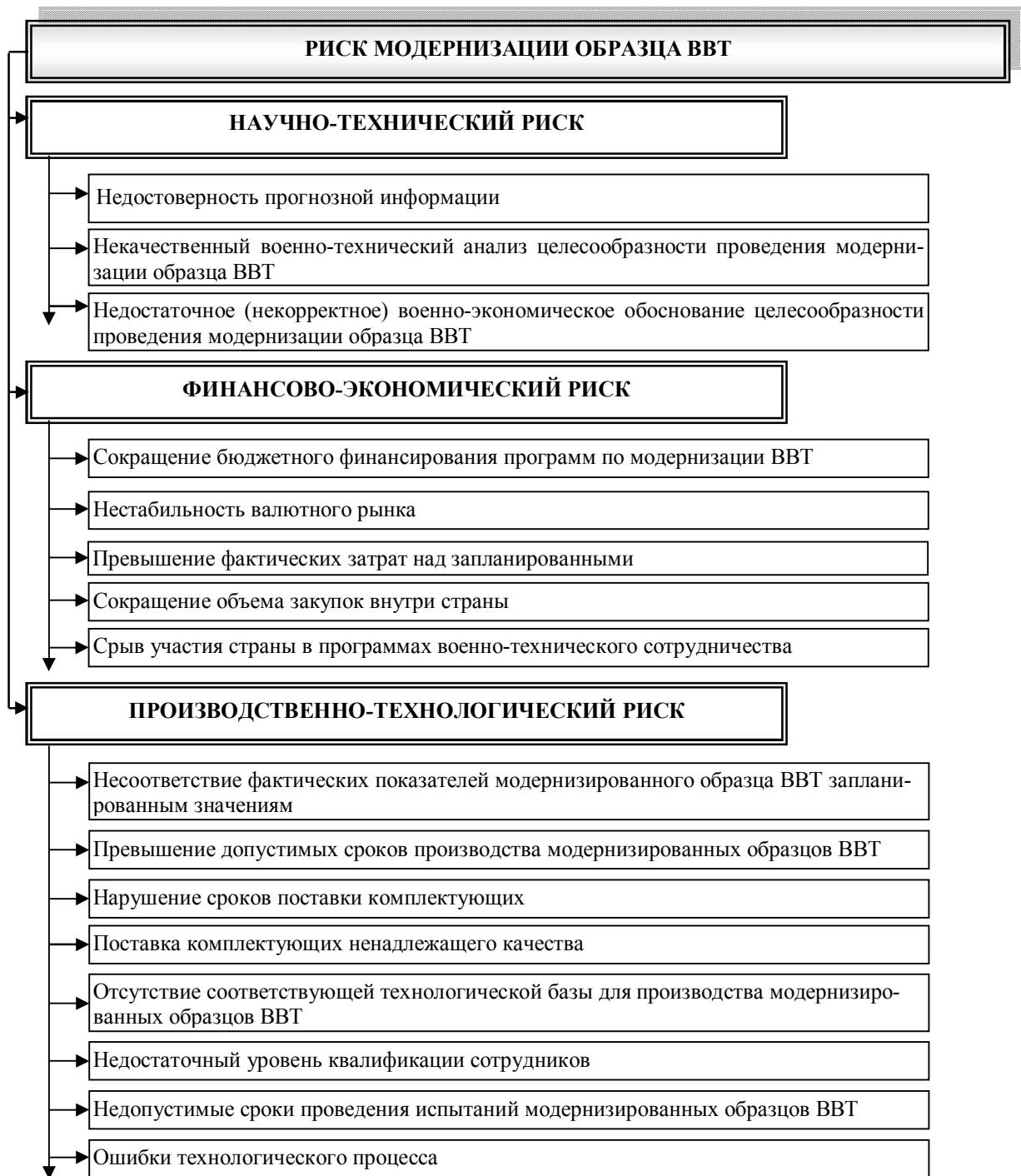


Рис. 1. Классификация факторов риска, наиболее существенно влияющих на процесс реализации проекта модернизации образцов ВВТ

Научно-технический риск обуславливается возможностью невыполнения на этапах проектно-конструкторских работ тактико-технических требований, предъявляемых к модернизированному об-

разцу ВВТ, и прекращения работ по научно-техническим причинам, финансово-экономический риск – возможностью недостаточного финансирования модернизации и превышения фактических за-

трат над запланованими, виробнично-технологічний ризик – старієнням основних виробничих фондів і втрат підприємствами необхідних технологій і т.п. [2 – 4].

Следовательно, в області модернізації ВВТ под ризиком следует понимать возможность срыва планов выполнения соответствующих работ в требуемые сроки вследствие различных причин научно-технического, финансово-экономического и производственно-технологического характера, объективно возникающих на этапах формирования и реализации плана модернізації.

Необходимо отметить, что наличие риска реализации плана модернізації образца ВВТ еще не означает, что рассматриваемый вариант плана не реализуем вообще.

Речь идет лишь о том, что при его реализации могут возникнуть неблагоприятные обстоятельства, которые не позволят выполнить план в полном объеме, причем в общем случае различным вариантам плана модернізації образца ВВТ будут соответствовать разные уровни риска. Заказчик, располагая оценками уровня риска, имеет возможность более обоснованно осуществить выбор варианта плана,

предусмотреть меры по нейтрализации или по смягчению нежелательных проявлений тех или иных рискообразующих факторов в ходе выполнения принятого варианта плана модернізації образца ВВТ, т.е. управлять риском.

При оценивании риска необходимо различать начальный (стартовый) уровень риска и окончательный (финальный) уровень, оценивание которого проведено для принятого варианта плана, намеченого к реализации после анализа риска и разработки мероприятий, его нейтрализующих. По мере выполнения плана в силу того, что происходит разрешение части неопределенностей, необходимы поэтапное (в динамике) уточнение значений показателей риска, выработка и реализация соответствующих мероприятий по обеспечению выполнения плана модернізації образца ВВТ с получением требуемых конечных результатов.

Методический подход к оцениванию риска модернізації исследуемого образца ВВТ может быть реализован в следующей последовательности.

1. Построение иерархической структурной модели факторов риска модернізації образца ВВТ (структуризация факторов риска) (рис. 2):

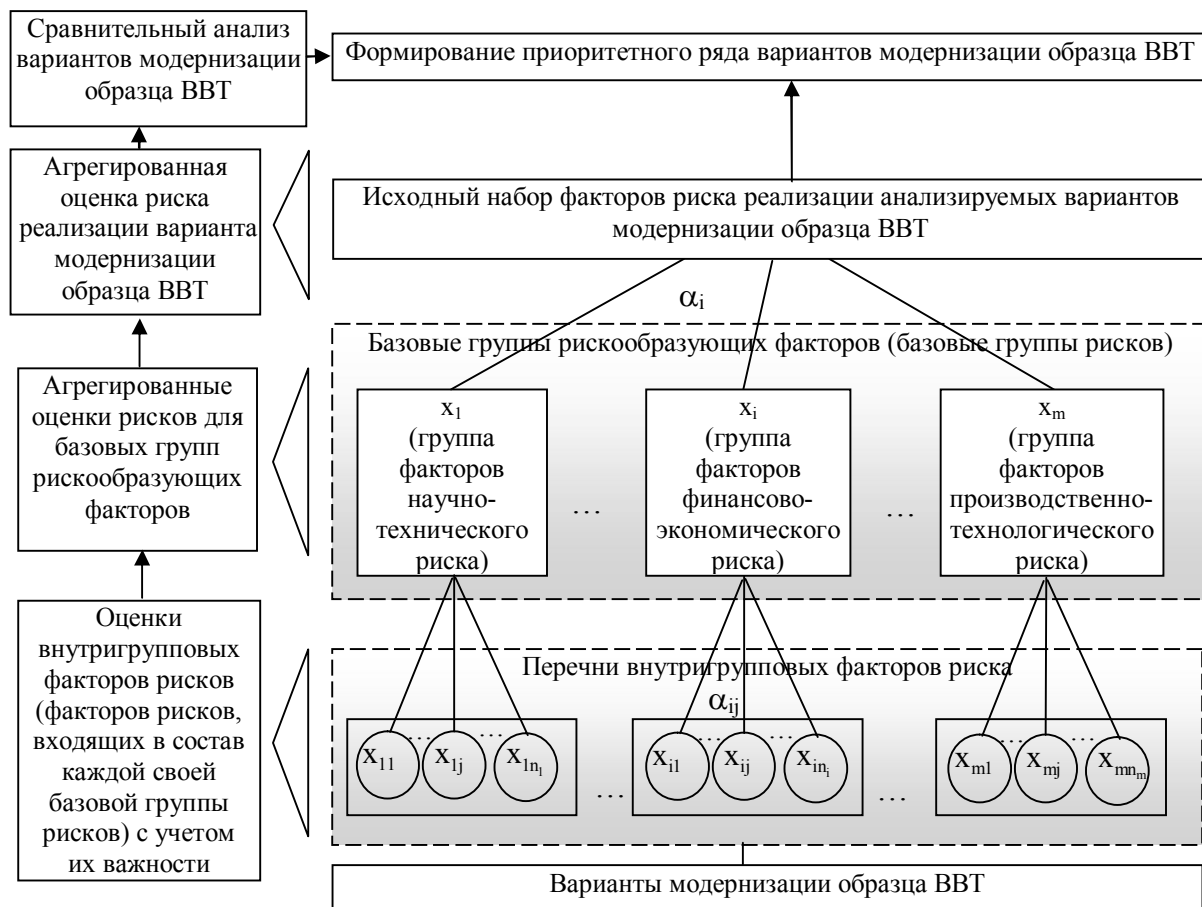


Рис. 2. Иерархическая структурная модель факторов риска и общая методическая схема оценивания риска модернізації образцов ВВТ

формирование экспертным путем на основе исходного набора факторов риска перечня базовых групп рискообразующих факторов (базовых групп рисков), наиболее значимых для реализуемости плана модернизации образца ВВТ, т.е.

$$x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m, i = 1 \dots m,$$

где x_i – i -я базовая группа рискообразующих факторов (i -й групповой фактор риска), m – количество базовых групп рискообразующих факторов;

определение экспертным путем для каждой базовой группы рисков x_i перечня своих внутригрупповых факторов риска

$$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{in_i}, i = 1 \dots m, j = 1 \dots n_i,$$

где n_i – количество факторов риска, составляющих i -ю базовую группу рискообразующих факторов; x_{ij} – j -й фактор риска, входящий в состав i -й базовой группы рискообразующих факторов (j -й индивидуальный фактор риска i -й базовой группы).

2. Введение лингвистической переменной V для описания уровней (степеней) риска факторов и уровней (степеней) важности факторов с определением количества ее значений, необходимого для оценивания факторов риска и их важности.

Формально лингвистическая переменная представляется в виде набора (кортежа)

$$\langle V, T, U, G, M \rangle,$$

где V – наименование лингвистической переменной (V – уровень риска фактора; V – уровень важности фактора);

$T = \{V_1, V_2, \dots, V_\ell, \dots, V_k\}$ – множество значений (термов) V_ℓ , $\ell = 1 \dots k$, лингвистической переменной V (базовое терм-множество значений лингвистической переменной, представляющих собой наименования нечетких переменных, областью определения каждой из которых является универсальное множество U);

V_ℓ – ℓ -е значение (название) лингвистической переменной V , $\ell = 1 \dots k$;

k – количество значений лингвистической переменной V ;

U – универсальное множество, отражающее значения лингвистической переменной;

G – синтаксическое правило, порождающее термы множества $T(V)$, т.е. конкретные значения (названия) лингвистической переменной;

M – семантическое правило, ставящее в соответствие каждому значению лингвистической переменной его смысл $M(V_\ell)$, причем $M(V_\ell)$ – нечеткое множество, определенное на универсальном

множестве U с базовой переменной u [5].

3. Определение методом попарного сравнения (МАИ) весовых коэффициентов (значимости) $\alpha_i, i = 1 \dots m$, базовых групп факторов риска x_i :

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1, \quad 0 \leq \alpha_i \leq 1, \quad i = 1 \dots m.$$

4. Определение методом попарного сравнения (МАИ) весовых коэффициентов α_{ij} внутригрупповых факторов риска x_{ij} , $i = 1 \dots m$, $j = 1 \dots n_i$,

$$\sum_{j=1}^{n_i} \alpha_{ij} = 1, \quad 0 \leq \alpha_{ij} \leq 1, \quad i = 1 \dots m, \quad j = 1 \dots n_i.$$

5. Определение для каждой базовой группы x_i , $i = 1 \dots m$ рискообразующих факторов, включающих в свой состав внутригрупповые факторы риска x_{ij} , $i = 1 \dots m$, $j = 1 \dots n_i$, агрегированной оценки риска R_i .

6. Получение нечеткой оценки \tilde{R}_0 общего риска реализации варианта модернизации образца ВВТ по совокупности базовых групп рисков, состоящей из m выделенных групп.

7. Нахождение окончательной агрегированной оценки R_0 общего риска реализации варианта модернизации образца ВВТ, в которой устранена нечеткость путем выполнения операции дефаззификации выбранным (например, центроидным) методом.

8. Сравнительное оценивание рассматриваемых вариантов модернизации образца ВВТ по начальному (стартовому) уровню риска реализации и формирование приоритетного ряда вариантов модернизации.

В современных условиях наиболее значимыми для реализации проектов создания новых и модернизации существующих образцов ВВТ являются научно-технические, финансово-экономические и производственно-технологические факторы. Поэтому для более объективного оценивания риска модернизации образцов ВВТ из всего набора факторов риска, проявление которых принципиально возможно, целесообразно выделить три группы ($m = 3$) рискообразующих факторов:

группу факторов научно-технического риска (x_1);

группу факторов финансово-экономического риска (x_2);

группу факторов производственно-технологического риска (x_3).

Каждая из этих групп, рассматриваемых в качестве базовых, состоит из своего набора внутригрупповых факторов риска.

Вклад каждой группы рисков в уровень общего риска (в агрегированную оценку риска) реализации варианта плана модернизации образца ВВТ в общем случае будет различным, что может быть отражено с помощью соответствующих весовых коэффициентов $\alpha_i, i = 1 \dots m$, учитывающих относительный уровень проявления каждой группы рискообразующих факторов в уровне общего (интегрального) риска реализации варианта плана. С учетом этих весовых коэффициентов определяется агрегированная оценка риска реализации рассматриваемого варианта плана модернизации образца ВВТ.

В свою очередь, каждый внутригрупповой фактор риска вносит свой вклад в агрегированный уровень риска, обусловленный проявлением той группы факторов риска, в которую входит данный внутригрупповой фактор. Это отражается соответствующим весовым коэффициентом α_{ij} .

Указанная структуризация факторов риска реализации того или иного варианта модернизации образца ВВТ позволяет получить иерархическую структурную модель факторов риска (рис. 2), являющуюся основой для построения методики определения агрегированных оценок рисков реализации вариантов модернизации образца ВВТ, ранжирования вариантов по уровню риска и выбора варианта с наименьшим риском реализации.

Указанная методика для ее применения в условиях нестохастической неопределенности должна быть дополнена методами нечеткой логики.

С этой целью должны быть введены в расчет-

ную схему оценивания рисков соответствующие лингвистические переменные, описывающие степени риска факторов и степени их важности в терминах естественного языка.

Набор значений лингвистической переменной, с помощью которого оценки представляются естественным образом (словами и выражениями естественного языка), задается терм-множеством, состоящим из конечного числа элементов – названий лингвистических значений. Количество элементов терм-множества следует выбирать таким, чтобы оно было достаточно полным, позволяющим делать различные оценки, но не очень большим, когда при подробной шкале эксперт будет не в состоянии дифференцировать отдельные деления шкалы. Количество элементов, используемых в лингвистических моделях, рекомендуется выбирать таким, чтобы оно, как правило, не превышало так называемое «число Миллера» (7 ± 2), определяющее количество градаций шкалы для традиционных моделей из соображений того, чтобы отдельные деления шкалы не выглядели для эксперта сливающимися.

Применительно к задаче оценивания риска модернизации образцов ВВТ количество элементов базового терм-множества значений лингвистической переменной может быть принято равным 5-9.

Выберем для описания уровней риска и важности факторов лингвистическую переменную V с $k = 5$ значениями: V_1 – очень низкий; V_2 – низкий; V_3 – средний; V_4 – высокий; V_5 – очень высокий (табл. 1).

Таблица 1

Лингвистические переменные уровней (степеней) риска и важности рискообразующих факторов

Значения (названия) лингвистических переменных, описывающих уровень (степень) риска фактора (r) и уровень (степень) важности фактора (s)	Номер значения (названия) лингвистической переменной (ℓ) (ранг уровня риска r (важности s) фактора)	Нечеткое треугольное число N , отображающее значение лингвистической переменной
Очень низкий	1	$\langle 0; 0; 0,25 \rangle$
Низкий	2	$\langle 0; 0,25; 0,5 \rangle$
Средний	3	$\langle 0,25; 0,5; 0,75 \rangle$
Высокий	4	$\langle 0,5; 0,75; 1,00 \rangle$
Очень высокий	5	$\langle 0,75; 1,00; 1,00 \rangle$

Каждому значению лингвистической переменной должна быть поставлена в соответствие нечеткая переменная (нечеткая величина) с областью определения в виде универсального множества U (множества действительных чисел).

Аналогично вероятностному подходу, при котором методом оценивания риска является вероятностный метод, и вероятность проявления риска оценивается на отрезке вещественной оси $[0;1]$, уни-

версальное множество в рассматриваемой задаче представляется интервалом $[0;1]$ числовой оси, т.е. $U = [0;1]$.

Каждое значение (терм) V_ℓ лингвистической переменной V должно быть отображено в нечеткое подмножество универсального множества U , задаваемое соответствующей функцией принадлежности $\mu_{V_\ell}(u), u \in U$. Поскольку здесь U является интер-

валом числовой оси, то в качестве нечетких подмножеств будет использоваться специальный их тип – нечеткие величины в форме нечетких чисел, бинарные арифметические операции (сложение, умножение и пр.) для которых определяются через соответствующие операции для четких чисел с использованием принципа обобщения [5].

В задачах прогнозирования значений параметров, к которым относится и рассматриваемая задача, наиболее часто используются треугольные нечеткие числа (рис. 3). При этом значения V_ℓ лингвистической переменной V преобразуются в соответствующие нечеткие числа с треугольными функциями принадлежности.

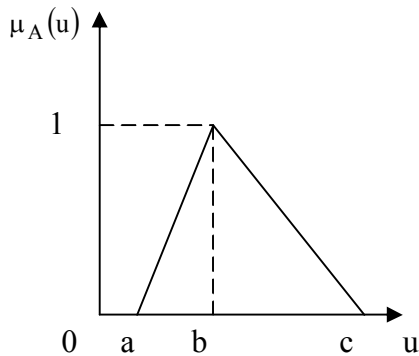


Рис. 3. Функция принадлежности треугольного нечеткого числа A

Каждое нечеткое треугольное число A может быть представлено упорядоченной тройкой действительных чисел $\langle a, b, c \rangle$ (рис. 3, табл. 1) и задано функцией принадлежности

$$\mu_A(u) = \mu_A(u; a, b, c) = \begin{cases} 0, & u \leq a; \\ \frac{u-a}{b-a}, & a \leq u \leq b; \\ \frac{c-u}{c-b}, & b \leq u \leq c; \\ 0, & c \leq u, \end{cases} \quad (1)$$

где $a \leq b \leq c$, (a, c) – носитель нечеткого числа, b – мода нечеткого числа.

Согласно принципу обобщения Заде, нечеткое треугольное число $c = \langle a_c, b_c, c_c \rangle = A * B$ также является треугольным и характеризуется тройкой

$$\begin{aligned} a_c &= \min \{ a_A * a_B, a_A * c_B, c_A * a_B, c_A * c_B \}, \\ c_c &= \max \{ a_A * a_B, a_A * c_B, c_A * a_B, c_A * c_B \}, \\ b_c &= b_A * b_B, \end{aligned} \quad (2)$$

где $A = \langle a_A, b_A, c_A \rangle$ и $B = \langle a_B, b_B, c_B \rangle$ – треугольные нечеткие числа;

* – арифметическая операция.

Функции принадлежности значений V_ℓ , $\ell = 1..5$, выбранной в задаче лингвистической переменной V представляются выражениями (рис. 4):

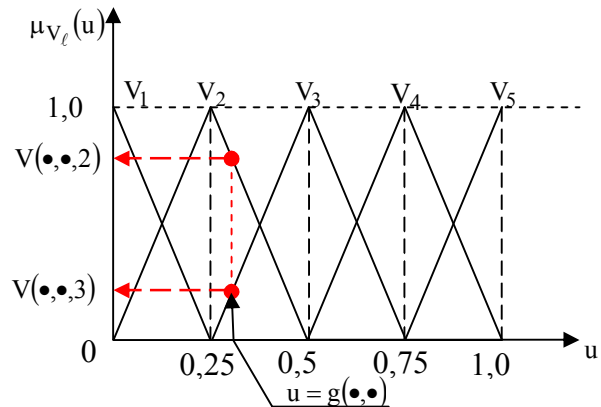


Рис. 4. Функции принадлежности значений V_ℓ лингвистической переменной V на универсальном множестве $U = [0; 1]$

$$V_1 = \langle 0; 0; 0,25 \rangle,$$

$$\mu_{V_\ell}(u) = \begin{cases} 1-4u, & 0 \leq u \leq 0,25, \\ 0, & 0,25 \leq u \leq 1; \end{cases} \quad (3)$$

$$V_\ell = \left\langle \frac{(\ell-2)}{4}; \frac{(\ell-1)}{4}; \frac{\ell}{4} \right\rangle, \quad \ell = 2, 3, 4,$$

$$\mu_{V_\ell}(u) = \begin{cases} 0, & u \leq (\ell-2)/4, \\ 4u - (\ell-2), & (\ell-2)/4 \leq u \leq (\ell-1)/4, \\ \ell - 4u, & (\ell-1)/4 \leq u \leq \ell/4, \\ 0, & \ell/4 \leq u \leq 1,0; \end{cases}$$

$$V_5 = \langle 0,75; 1,0; 1,0 \rangle, \mu_{V_5}(u) = \begin{cases} 0, & 0 \leq u \leq 0,75, \\ 4u - 3, & 0,75 \leq u \leq 1,0. \end{cases}$$

Оценка риска $g_{ij} = g(r_{ij}, s_{ij})$ каждого отдельно фактора $x_{ij}, j = 1..n_i$, входящего в состав базовой группы $x_i, i = 1..m$, находится с учетом рангов степени его риска $r = r_{ij}$ и степени важности $s = s_{ij}$ этого фактора. Она определяется по табл. 2 в соответствии с установленными рангами r_{ij} и s_{ij} . Значения степени риска фактора с учетом его важности, приведенной в табл. 2, рассчитываются с помощью центридного метода по формуле

$$g(r, s) = \int_a^c u \mu_{N_r \otimes N_s}(u) du / \int_a^c \mu_{N_r \otimes N_s}(u) du, \quad (4)$$

Таблица 2

Уровень риска $g(r, s)$ фактора с учетом его важности

Уровень (степень) риска фактора, r		Уровень (степень) важности фактора, s				
		низкий				высокий
		1	2	3	4	5
низкий	1	0,0208	0,0417	0,0625	0,0833	0,0833
	2	0,0417	0,0938	0,1667	0,2292	0,2500
	3	0,0625	0,1667	0,2917	0,4167	0,4792
	4	0,0833	0,2292	0,4167	0,6042	0,7083
высокий	5	0,0833	0,2500	0,4792	0,7083	0,8542

где $\mu_{N_r \otimes N_s}(u)$ – функция принадлежности произведения $N_r \otimes N_s$ нечетких чисел N_r и N_s , определяемая по их функциям принадлежности $\mu_{N_r}(u)$ и $\mu_{N_s}(u)$ [7]. Здесь N_r и N_s – нечеткие числа, отображающие соответственно значения лингвистических переменных степеней риска и важности рискообразующих факторов.

Табл. 2 получена для лингвистических переменных с $k = 5$ значениями (табл. 1), которым соответствуют функции принадлежности (3).

Агрегированная оценка риска для каждой базовой группы $x_i, i = 1 \dots m$ рискообразующих факторов,

включающей в свой состав внутригрупповые факторы риска $x_{ij}, j = 1 \dots n_i$, может быть рассчитана по формуле

$$R_i = (R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{in_i}) = (\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{in_i}) Z(x_i)$$

где $R_{i\ell} = \sum_{j=1}^{n_i} \alpha_{ij} V(r_{ij}, s_{ij}, \ell), \ell = 1 \dots k, i = 1 \dots m$,

$Z(x_i)$ – нечеткая матрица с элементами, представленными в табл. 3.

Весовые коэффициенты α_{ij} определяются методом парного сравнения [6, 7].

Таблица 3

Нечеткая матрица для агрегирования внутригрупповых факторов риска

$Z(x_i)$	V_1	V_2	...	V_k
x_{i1}	$V(r_{i1}, s_{i1}, 1)$	$V(r_{i1}, s_{i1}, 2)$...	$V(r_{i1}, s_{i1}, k)$
x_{i2}	$V(r_{i2}, s_{i2}, 1)$	$V(r_{i2}, s_{i2}, 2)$...	$V(r_{i2}, s_{i2}, k)$
...
x_{in_i}	$V(r_{in_i}, s_{in_i}, 1)$	$V(r_{in_i}, s_{in_i}, 2)$...	$V(r_{in_i}, s_{in_i}, k)$

Значения элементов $V(r_{ij}, s_{ij}, v)$ и $V(r_{ij}, s_{ij}, v+1)$ матрицы $Z(x_i)$ получаются путем пересечения $u = g(r_{ij}, s_{ij})$ соответственно с $\mu_{V_v}(u)$ и $\mu_{V_{v+1}}(u)$ (рис. 4), $v = 1, 2, \dots, k-1$. При этом $V(r_{ij}, s_{ij}, v+1) = 1 - V(r_{ij}, s_{ij}, v)$ и $V(r_{ij}, s_{ij}, \ell) = 0$ для любого $\ell, \ell \neq v, \ell \neq v+1$.

Нечеткая оценка общего риска по совокупности базовых групп рисков может быть рассчитана по формуле

$$\tilde{R}_0 = (R_1^0, R_2^0, \dots, R_\ell^0, \dots, R_k^0) = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_m)(R_{i\ell}), \quad (6)$$

где $R_\ell^0 = \sum_{i=1}^m \alpha_i R_{i\ell}, \ell = 1 \dots k$,

$(R_{i\ell})$ – матрица размера $m \times k$ с элементами $R_{i\ell}$, т.е.

$$(R_{i\ell}) = \begin{pmatrix} R_{11} & \dots & R_{1\ell} & \dots & R_{1k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{i\ell} & \dots & R_{i\ell} & \dots & R_{ik} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{m1} & \dots & R_{m\ell} & \dots & R_{mk} \end{pmatrix}$$

Весовые коэффициенты α_i определяются методом попарного сравнения [6, 7].

Окончательная агрегированная оценка общего риска реализации варианта модернизации образца

ВВТ находится путем устранения нечеткости оценки \tilde{R}_0 центроидным методом, т.е.

$$R_0 = \frac{\sum_{\ell=1}^k g(V_\ell) R_\ell^0}{\sum_{\ell=1}^k R_\ell^0} = \sum_{\ell=1}^k g(V_\ell) R_\ell^0, \quad (7)$$

так как $\sum_{\ell=1}^k R_\ell^0 = 1$.

Здесь $g(V_\ell)$ – центроид значения V_ℓ лингвистической переменной V ,

$$g(V_\ell) = \frac{\int_{a_\ell}^{c_\ell} u \mu_{V_\ell}(u) du}{\int_{a_\ell}^{c_\ell} \mu_{V_\ell}(u) du}, \quad \ell = 1..k. \quad (8)$$

Для функций принадлежности $\mu_{V_\ell}(u)$ значений V_ℓ , представляемых выражениями (3), центроиды будут равны:

$$g(V_1) = 0,0833, \quad g(V_2) = 0,25, \quad g(V_3) = 0,5, \\ g(V_4) = 0,75, \quad g(V_5) = 0,9167.$$

Данные, используемые и получаемые при оценивании факторов риска, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Данные, используемые при получении агрегированных оценок рисков для базовых групп рискообразующих факторов и агрегированной оценки общего риска реализации варианта модернизации образца ВВТ

x_i	x_1					...	x_i					...	x_m				
α_i	α_1					...	α_i					...	α_m				
x_{ij}	x_{11}	...	x_{1j}	...	x_{1n_1}	...	x_{i1}	...	x_{ij}	...	x_{in_i}	...	x_{m1}	...	x_{mj}	...	x_{mn_m}
α_{ij}	α_{11}	...	α_{1j}	...	α_{1n_1}	...	α_{i1}	...	α_{ij}	...	α_{in_i}	...	α_{m1}	...	α_{mj}	...	α_{mn_m}
r	r_{11}	...	r_{1j}	...	r_{1n_1}	...	r_{i1}	...	r_{ij}	...	r_{in_i}	...	r_{m1}	...	r_{mj}	...	r_{mn_m}
s	s_{11}	...	s_{1j}	...	s_{1n_1}	...	s_{i1}	...	s_{ij}	...	s_{in_i}	...	s_{m1}	...	s_{mj}	...	s_{mn_m}
$g_{ij} = g(r_{ij}, s_{ij})$	g_{11}	...	g_{1j}	...	g_{1n_1}	...	g_{i1}	...	g_{ij}	...	g_{in_i}	...	g_{m1}	...	g_{mj}	...	g_{mn_m}
R_i	R_1					...	R_i					...	R_m				

Выводы

Планирование и проведение модернизации ВВТ осуществляется в условиях воздействия многих факторов высокой сложности и наличия различных видов неопределенности. В таких условиях очень актуальным является решение задачи оценивания риска проведения модернизации, требующей для своего решения разработки и применения соответствующего методического аппарата. В предложенном методическом подходе к оцениванию риска модернизации образцов ВВТ комплексно используются МАИ и методы нечеткой логики для построения иерархической структурной модели факторов риска модернизации с определением перечня базовых групп риска, а также перечня внутригрупповых

рискообразующих факторов, наиболее значимых для реализуемости плана модернизации образца ВВТ, и их весовых коэффициентов, и аппарат нечеткой логики, представленный лингвистическими переменными для описания уровней риска и уровней важности рискообразующих факторов. Получаемая в результате применения агрегированная оценка общего риска реализации варианта модернизации образца ВВТ может быть использована при обосновании и выборе рационального варианта с приемлемым риском реализации проекта.

Литература

1. Демидов Б.А. Методический подход к идентификации и оценке рисков при проведении мо-

дернизации образцов вооружения и военной техники / Б.А. Демидов, М.В. Науменко // *Збірник наукових праць ХУ ПС*. – Х.: ХУ ПС, 2009. – № 1(19). – С. 2-5.

2. Буренок В.М. *Механизмы управления производством продукции военного назначения* / В.М. Буренок, Г.А. Лавринов, Е.Ю. Хрусталева: Центр. экон.-мат. ин-т РАН. – М.: Наука, 2006. – 303 с.

3. Багриновский К.А. *Современные методы управления технологическим развитием* / К.А. Багриновский, М.А. Бендикова, Е.Ю. Хрусталева. – М.: РОССПЭН, 2001. – 272 с.

4. Романов В.С. *Рискообразующие факторы: характеристика и влияние на риски* / В.С. Романов, А.В. Бутуханов // *Управление риском*. – 2001. – №3. – С. 10-12.

5. Раскин Л.Г. *Нечеткая математика. Основы теории. Приложения* / Л.Г. Раскин, О.В. Серая. – Х.: Парус, 2008. – 352 с.

6. Саати Т. *Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ.* / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

7. Блюмин С.Л. *Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности* / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова. – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.

Поступила в редакцию 1.09.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Н. Ланецкий, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ РИСКУ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ НЕСТОХАСТИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Б.О. Демідов, М.В. Науменко, О.О. Хмелевська

Розглядаються питання, пов'язані з плануванням модернізації зразків озброєння і військової техніки (ОВТ) в умовах нестохастичної невизначеності. Приведені основні підходи, які можуть бути використані для оцінювання рівня очікуваного ризику при модернізації ОВТ. Запропонована класифікація чинників ризику, що найістотніше впливають на процес реалізації проекту модернізації зразків ОВТ. Обґрунтований методичний підхід до оцінювання ризиків модернізації зразка озброєння і військової техніки в умовах нестохастичної невизначеності з використанням математичного апарату нечіткої логіки і метода аналізу ієрархій. Запропонована агрегована оцінка загального ризику реалізації варіанту модернізації зразка ОВТ.

Ключові слова: модернізація, невизначеність, ризик, ризикоутворюючі фактори, рівень ризику, лінгвістична змінна, агрегована оцінка ризику.

METHODICAL GOING NEAR THE EVALUATION OF RISK OF MODERNIZATION OF STANDARDS ARMAMENT AND MILITARY TECHNIQUE IN THE CONDITIONS OF UNSTOCHASTIC VAGUENESS

B.A. Demidov, M.V. Naumenko, O.A. Khmelevskaya

Questions, related to planning of modernization of standards of armament and military technique (AMT) in the conditions of unstochastic vagueness, are examined. Basic approaches which can be utilized for the evaluation of level of the expected risk during modernization of AMT are resulted. Classification of risk factors is offered, most substantially influencing on the process of realization of project of modernization of standards of AMT. The methodical going is grounded near the evaluation of risk of modernization of standard of armament and military technique in the conditions of unstochastic vagueness with the use of mathematical vehicle of fuzzy logic and method of analysis of hierarchies. The aggregated estimation of general risk of realization of variant of modernization of standard of AMT is offered.

Key words: modernization, vagueness, risk, factors of risk, risk level, linguistic variable, aggregated estimation of risk.

Демидов Борис Алексеевич – д-р техн. наук, проф., ведучий научный сотрудник, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина.

Науменко Марина Владимировна – адъюнкт, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина.

Хмелевская Ольга Александровна – канд. техн. наук, научный сотрудник, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина.