

УДК 355.014.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА ОШИБОЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ РАЗВИТИЯ ВООРУЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Е. Ю. Брызгин,

научный сотрудник ГУ «НИИ ВС РБ»

А. В. Гринкевич,

докторант ГУ «НИИ ВС РБ», канд. техн. наук

С. А. Савенко,

гл. научный сотрудник ГУ «НИИ ВС РБ», д-р техн. наук, профессор

Дата поступления в редакцию — 22.09.2014 г.

Развитие системы вооружения связано со значительным расходом материальных и денежных ресурсов, поэтому необходимо учитывать риск несоответствия системы вооружения заданным требованиям на конец планового периода и материальные потери в связи с ошибочным планированием мероприятий. В статье рассмотрен подход по определению риска ошибочного планирования мероприятий Государственной программы вооружения при неопределенности оценки технического уровня вооружения и разработаны мероприятия по минимизации возможных материальных и денежных потерь.

Development of system of arms is connected with a considerable expense of material and monetary resources therefore it is necessary to consider risk not of compliance of system of arms to the set requirements of the end of planning period and material losses in connection with wrong planning of actions. In article approach by definition of risk of wrong planning of actions of the State program of arms is considered at uncertainty of an assessment of a technological level of arms and actions for minimization of possible material and monetary losses are developed.

В соответствии с Концепцией национальной безопасности Республики Беларусь одним из основных индикаторов (показателей) состояния национальной безопасности выступает оснащенность Вооруженных Сил современным вооружением, военной и специальной техникой (ВВСТ). Оценка соответствия образцов ВВСТ современным требованиям является основой исходных данных при планировании мероприятий по развитию системы вооружения, которые закрепляются в планово-распорядительном документе — Государственной программе вооружения (ГПВ), определяющем цели, задачи и пути сбалансированного (по срокам, типу, номенклатуре, ожидаемым ассигнованиям и возможностям промышленности) развития вооружения. При соответствии образцов ВВСТ

современным требованиям в ГПВ планируются мероприятия по их содержанию, закупке имущества к ним, капитальному и восстановительному ремонту на предприятиях. В противном случае планируются мероприятия для замены устаревшего вооружения:

- проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в целях модернизации (создания нового) образца ВВСТ с более высокими характеристиками;
- проведение модернизации;
- ремонт на предприятиях, совмещенный с модернизацией;
- закупка новых перспективных и современных образцов ВВСТ.

Ошибочное планирование отдельных мероприятий ГПВ и нерациональное использование

ресурсов (денежных средств) на эти мероприятия ведет к возникновению риска несоответствия системы вооружения заданным требованиям и материальным потерям. В связи с этим необходимо принимать меры по снижению вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизации возможных потерь. Одним из направлений деятельности, связанной с минимизацией рисков при планировании мероприятий ГПВ, является повышение качества исходных данных о количественно-качественном состоянии вооружения (повышение точности, правильности и достоверности информации об образце вооружения).

Оценка соответствия образца ВВСТ современным требованиям осуществляется путем сравнения коэффициента технического уровня (ТУ) $K_{ТУ}$ оцениваемого образца с пороговыми значениями технического уровня $\bar{K}_{ТУнор1} \approx 0,63$ и $\bar{K}_{ТУнор2} \approx 0,37$ [1]. В табл. 1 представлена качественная шкала соответствия ВВСТ современным требованиям. Исследования, проведенные в работе [1], определили, что минимальное значение $K_{ТУ}$, при котором образец считается современным, является $K_{ТУмин} = 0,63$.

В настоящее время существует несколько способов оценки ТУ образцов ВВСТ, основанных на расчете $K_{ТУ}$ средним взвешенным [2, 3]. При этом не требуются сложные модели, и расчеты могут быть выполнены небольшой группой специалистов в данной области. В общем виде $K_{ТУ}$ по принципу среднего взвешенного рассчитывается в соответствии с выражением

$$K_{ТУ\gamma} = \left(\sum_{j=1}^m g_j Q_j^\gamma \right)^{\frac{1}{\gamma}}, \quad (1)$$

где γ — параметр логики усреднения (при $\gamma = -1$ — среднее гармоническое, при $\gamma = 0$ — сред-

нее геометрическое, при $\gamma = 1$ — среднее арифметическое, при $\gamma = 2$ — среднее квадратическое);

m — число единичных показателей качества;
 g_j — весовой коэффициент j -го показателя качества;

Q_j — значение j -го единичного показателя качества.

Количественная оценка ТУ образцов ВВСТ осложнена наличием различных шкал измерения единичных показателей качества. Для перехода от исходных значений показателей качества, имеющих различные шкалы измерения, к безразмерным значениям Q_j используются приемы эквивалентного преобразования (нормирования) относительно базовых значений. Наиболее простым преобразованием исходных значений показателей качества к нормированным значениям является линейное. Возможно нелинейное нормирование в соответствии с экспонентой, модифицированной экспонентой и логистической кривой [4].

В [4] было показано, что существующие способы оценки ТУ при наличии неопределенности исходных данных об образце ВВСТ имеют разную точность. Это вызвано тем, что абсолютно точно измерить значение единичного показателя качества невозможно. Результат измерения зависит от измерительной системы, методики измерения, квалификации оператора, внешних условий и других факторов, что приводит к неопределенности измерения, характеризующейся среднеквадратическим отклонением σ_j [5]. В этом случае можно только предполагать, что значение показателя будет лежать в определенном интервале с некоторой вероятностью. Неопределенность измерения значений единичных показателей качества вооружения, а так же субъективный характер выбора вида среднего взвешенного приводит к неопределенности (систематической и случайной погрешно-

Таблица 1

Шкала соответствия образцов ВВСТ современным требованиям

$K_{ТУ}$	Качественная характеристика $K_{ТУ}$
1,0	Максимальный уровень (уровень базового образца)
1,0–0,63	Высокий и приемлемый технический уровень образца ВВСТ (образец соответствует критерию «современный»). $K_{ТУ} \geq 0,63$
0,63–0,37	Низкий технический уровень (образец не соответствует критерию «современный»). $K_{ТУ}$ должен быть поднят (необходима модернизация или замена образца ВВСТ)
0,37–0	Неприемлемый $K_{ТУ}$ (образец не соответствует критерию «современный», целесообразно снятие образца с вооружения). $K_{ТУ} \leq 0,37$

стям) оценки ТУ. Появление систематической погрешности вызвано способом оценивания ТУ (средние величины обладают свойством мажорантности или смещенности). Возникновение случайной погрешности оценки ТУ σ_y обуславливается неопределенностью измерения значений единичных показателей качества. Значение σ_y определяется в соответствии с выражением

$$\sigma_y^2 = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial K_{TY_j}}{\partial Q_j} \right)^2 \sigma_j^2, \quad (2)$$

где $\frac{\partial K_{TY_j}}{\partial Q_j}$ — частная производная средней взвешенной оценки ТУ по j -му единичному показателю качества;

σ_j^2 — дисперсия j -го единичного показателя качества.

Результат оценки ТУ образца ВВСТ при наличии неопределенности измерения исходных значений показателей качества носит вероятностный характер и может быть представлен в виде отрезка

$$K_{TY} \in [K_{TY} - t_p \sigma_y; K_{TY} + t_p \sigma_y], \text{ с вероятностью } P, \quad (3)$$

где K_{TY} — результат оценки ТУ;

t_p — аргумент нормальной функции распределения при доверительной вероятности P .

В целях повышения правильности и точности оценки ТУ образца ВВСТ (уменьшения систематической и случайной погрешности) разработан статистический способ оценки ТУ методом максимального правдоподобия (ММП), основанный на максимизации функции правдоподобия [6]. Сущность данного способа заключается в том, что в качестве «наиболее правдоподобного» значения оценки выбирается значение с максимальной плотностью распределения вероятности из выборки различных средних взвешенных оценок ТУ. В соответствии с центральной предельной теоремой средневзвешенные оценки распределены по нормальному закону. В связи с этим значение оценки ТУ ММП примет вид [7]:

$$\bar{K}_{TY \text{ ММП}} = \sum_{\gamma=1}^2 \frac{\frac{1}{\sigma_\gamma^2}}{\sum_{\gamma=1}^2 \frac{1}{\sigma_\gamma^2}} \left(\sum_{j=1}^m g_j Q_j^\gamma \right)^{\frac{1}{\gamma}}, \quad (4)$$

где σ_j^2 — дисперсия средней взвешенной оценки ТУ.

Дисперсия оценки ТУ ММП $\sigma_{TY \text{ ММП}}^2$ определяется в соответствии с выражением

$$\sigma_{TY \text{ ММП}}^2 = \frac{1}{\sum_{\gamma=1}^2 \frac{1}{\sigma_\gamma^2}}. \quad (5)$$

Метод максимального правдоподобия позволяет повысить правильность оценки за счет уменьшения систематической погрешности (смещенности) путем учета нескольких средневзвешенных оценок ТУ. Повышение точности оценки осуществляется за счет уменьшения ее дисперсии, т. к. дисперсия $\sigma_{TY \text{ ММП}}^2$ будет всегда меньше дисперсии σ_γ^2 .

Наличие неопределенности в оценке ТУ при принятии решения о соответствии или несоответствии образца ВВСТ современным требованиям может привести, как уже отмечалось, к ошибочному планированию мероприятий ГПВ и возникновению риска несоответствия системы вооружения заданным требованиям на конец планового периода и материальным потерям. В связи с этим, возникает необходимость оценивать риски и учитывать их при планировании мероприятий ГПВ.

Решение о соответствии образца ВВСТ современным требованиям может быть принято при двух взаимно исключающих условиях: O_c — образец ВВСТ «современный», O_n — образец ВВСТ «несовременный». За счет вероятностного характера значения K_{TY} каждому условию может соответствовать два вида решений: O_c^* и O_n^* .

При определении соответствия образца ВВСТ современным требованиям возможны четыре ситуации совмещения случайных событий «решения» и «условия»:

$O_c O_c^*$ — правильное определение современного образца ВВСТ;

$O_c O_n^*$ — определение современного образца ВВСТ как «устаревший»;

$O_n O_c^*$ — определение несовременного (устаревшего) образца ВВСТ как «современный»;

$O_n O_n^*$ — правильное определение несовременного (устаревшего) образца ВВСТ.

Перечисленным ситуациям соответствуют четыре вероятности совмещения событий, образующих полную группу событий:

$$P(O_c O_c^*) + P(O_c O_n^*) + P(O_n O_c^*) + P(O_n O_n^*) = 1, \quad (6)$$

где $P(O_c O_c^*)$, $P(O_c O_n^*)$, $P(O_n O_c^*)$, $P(O_n O_n^*)$ — вероятности определения соответствия образца ВВСТ современным требованиям при различных условиях.

В соответствии с решением о соответствии образца ВВСТ современным требованиям планируются мероприятия ГПВ с соответствующим расходом ресурсов (стоимостью):

C_{cc} — стоимость мероприятий при правильном определении современного образца ВВСТ;

C_{cn} — стоимость мероприятий при определении современного образца ВВСТ как «устаревший»;

C_{nc} — стоимость мероприятий при определении устаревшего образца ВВСТ как «современный»;

C_{nn} — стоимость мероприятий при правильном определении несовременного (устаревшего) образца ВВСТ.

Средний риск при оценке соответствия образца ВВСТ современным требованиям определяется по правилу нахождения математического ожидания:

$$R = C_{cc}P(O_c O_c^*) + C_{cn}P(O_c O_n^*) + C_{nc}P(O_n O_c^*) + C_{nn}P(O_n O_n^*), \quad (7)$$

а стоимости C_{cc} и C_{nn} берутся с отрицательным знаком или равными нулю.

На практике определить стоимость правильного или не правильного решения не всегда возможно. В этом случае определение среднего риска возможно по критерию «идеального наблюдателя» [8]. Под идеальностью наблюдателя понимается «бескорыстность» выполнения задачи — стоимость мероприятий при правильной оценке образца ВВСТ принимается равной нулю $C_{cc} = C_{nn} = 0$, а стоимость мероприятий при ошибочной оценке образца ВВСТ принимается равной единице $C_{cn} = C_{nc} = 1$. В этом случае средний риск определяется как суммарная вероятность ошибки в соответствии с выражением

$$R = P(O_c O_n^*) + P(O_n O_c^*). \quad (8)$$

Известно, что вероятности совместного наступления событий $P(O_c O_n^*)$ или $P(O_n O_c^*)$ удовлетворяют следующим соотношениям:

$$P(O_c O_n^*) = P(O_c)P(O_n^*/O_c) = P(O_n^*)P(O_c/O_n^*), \quad (9)$$

$$P(O_n O_c^*) = P(O_n)P(O_c^*/O_n) = P(O_c^*)P(O_n/O_c^*), \quad (10)$$

где $P(O_c)$ — вероятность, что исследуемый образец является «современным»;

$P(O_n^*/O_c)$ — вероятность, что исследуемый образец определен как «несовременный» (устаревший) при условии, что образец является «современным»;

$P(O_n)$ — вероятность, что исследуемый образец является «несовременным»;

$P(O_c^*/O_n)$ — вероятность, что исследуемый образец определен как «современный» при условии, что образец является «несовременным».

Подставляя выражения (9), (10) в выражение определения среднего риска (8), получим

$$R = P(O_c)P(O_n^*/O_c) + P(O_n)P(O_c^*/O_n). \quad (11)$$

Значение вероятностей $P(O_n^*/O_c)$, $P(O_c^*/O_n)$ определяются в соответствии с выражениями:

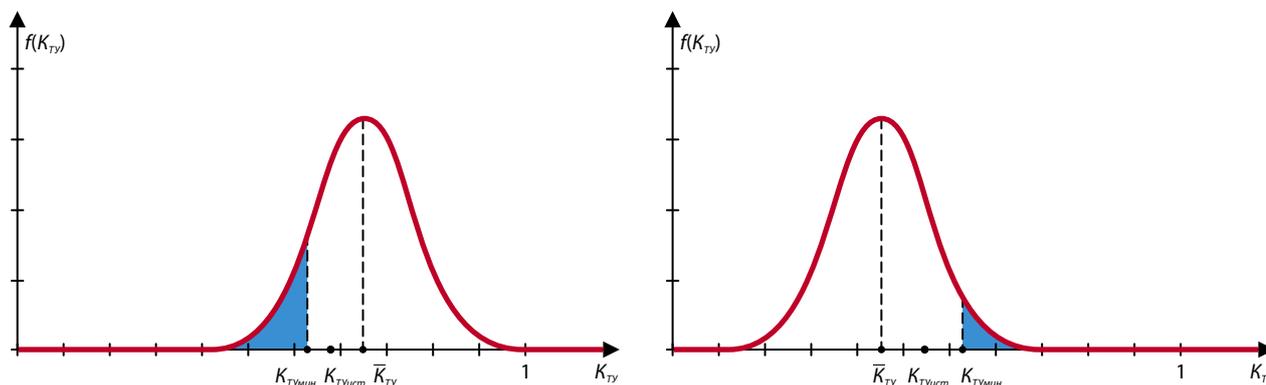
$$P(O_n^*/O_c) = \int_{K_{TY_{мин}}}^{\infty} f(K_{TY}) dK_{TY}, \quad (12)$$

$$P(O_c^*/O_n) = \int_0^{K_{TY_{мин}}} f(K_{TY}) dK_{TY}, \quad (13)$$

где $f(K_{TY})$ — плотность распределения оценки ТУ исследуемого образца ВВСТ.

Геометрическое решение задачи определения риска сводится к определению площади подынтегральной функции $f(K_{TY})$ до порогового значения минимально допустимого K_{TY} при априорно известной информации, что исследуемый образец является современным, либо определению площади подынтегральной функции после порогового значения минимально допустимого K_{TY} при априорно известной информации, что исследуемый образец является несовременным (рис. 1).

Полученное значение риска R достаточно сравнить с существующей качественной шкалой уровней риска (табл. 2) [9]. Если значение риска не превышает приемлемого уровня, то информацию о соответствии образца ВВСТ современным требованиям можно использовать при планировании мероприятий ГПВ, иначе необходимо повышать точность оценки ТУ образца ВВСТ. Это возможно при использовании наиболее эффективного способа оценки ТУ, увеличении количества показателей качества, уменьшении нео-



а) определение риска при условии, что образец ВВСТ является «современным»

б) определение риска при условии, что образец ВВСТ является «устаревшим»

Рис. 1. Геометрическая интерпретация определения риска

пределенности измерения исходных значений единичных показателей качества образца ВВСТ.

Оптимальным способом оценки ТУ образца ВВСТ является тот, при котором средний риск планирования ошибочных мероприятий ГПВ является минимальным. Критерий минимума среднего риска $\bar{R} = \min$ является наиболее важным и универсальным критерием статистической оптимизации. В этом случае задача сводится к расчету математического ожидания (МО) среднего риска $M[R]$ на типовых исходных данных, которые включают всевозможные сочетания m значений единичных показателей качества, распределенные в соответствии с законом распределения [4] с неопределенностью измерения σ_j . Минимальное значение $M[R]$ соответствует оптимальному способу оценки ТУ.

Расчет $M[R]$ возможен методом статистических испытаний Монте-Карло и представляет собой имитационное моделирование, задачами которого являются: определение закона распределения оценки ТУ на типовых исходных данных при использовании различных способов оценки ТУ, расчет среднего риска R в соответствии с выражениями (12), (13) и определение $M[R]$ в соответствии с выражением:

$$M[R] = \frac{\sum_i^n R_i}{n}, \tag{14}$$

где R_i — риск при i -м сочетании значений единичных показателей ТУ;

n — количество сочетаний значений единичных показателей ТУ.

Для определения $M[R]$ необходимо n раз выполнить следующие операции:

1. задать «истинные» значения единичных показателей ТУ $Q_{истj}$ в соответствии с законом распределения [4];
2. провести многократное «измерение» значений единичных показателей ТУ, т. е. внести неопределенность измерения в значения $Q_{истj}$, в результате чего получим «измеренные» значения показателей ТУ $Q_{изmj}$ с погрешностью измерения σ_j ;
3. основываясь на значениях показателей $Q_{истj}$ и $Q_{изmj}$, рассчитать значения $K_{ТУуст}$ и $K_{ТУизм}$ в соответствии с выражением (1) и (4);
4. на основе полученных статистических данных $K_{ТУизм}$ построить гистограмму и определить плотность распределения $f(K_{ТУ})$;

Таблица 2

Качественная шкала уровней риска

Качественное определение уровня риска	Пренебрежимый риск	Приемлемый риск	Допустимый риск	Неприемлемый риск	Чрезмерный риск	Недопустимый риск
Диапазон значений риска R	0–0,039	0,039–0,218	0,218–0,5	0,5–0,749	0,749–0,91	0,91–1,0

5. рассчитать значение среднего риска R в соответствии с выражением (11), а вероятности $P(O_c)$ и $P(O_n)$ определить исходя из неравенств:

$$\begin{cases} P(O_c) = 0 \\ P(O_n) = 1 \end{cases} \text{ при } K_{ТУист} < K_{ТУмин}, \quad (15)$$

$$\begin{cases} P(O_c) = 1 \\ P(O_n) = 0 \end{cases} \text{ при } K_{ТУист} \geq K_{ТУмин}. \quad (16)$$

На основании полученных значений риска R определить $M[R]$ в соответствии с (14).

В табл. 3–5 представлены расчеты МО среднего риска $M[R]$ в зависимости от величины погрешности измерения единичных показателей качества σ_j , количества единичных показателей качества m и различных способов оценки ТУ с нормированием единичных значений показателей качества по линейной зависимости ($K_{ТУ-1}$, $K_{ТУ0}$, $K_{ТУ1}$, $K_{ТУ2}$), как наиболее распространенным и в соответствии с логистической кривой ($K_{ТУММП}$).

Графическое представление тенденции изменения МО среднего риска $M[R]$ в зависимости от количества m единичных показателей качества при оценке ТУ различными способами представлено на рис. 2–4.

Таблица 3

Значения МО среднего риска $M[R]$ при относительной погрешности измерения единичных показателей качества образца ВВСТ $\sigma_j=5\%$

Способ оценки ТУ	Количество единичных показателей качества образца ВВСТ, m								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_{ТУ-1} = \left(\sum_{j=1}^m \frac{g_j}{Q_j} \right)^{-1}$	0,095	0,129	0,127	0,17	0,21	0,229	0,23	0,296	0,308
$K_{ТУ0} = \prod_{j=1}^m Q_j^{g_j}$	0,057	0,065	0,059	0,072	0,075	0,083	0,089	0,115	0,112
$K_{ТУ1} = \sum_{j=1}^m g_j Q_j$	0,052	0,062	0,058	0,071	0,092	0,089	0,1	0,114	0,126
$K_{ТУ2} = \sqrt{\sum_{j=1}^m g_j Q_j^2}$	0,08	0,11	0,123	0,155	0,182	0,19	0,22	0,238	0,229
$K_{ТУММП} = \sum_{\gamma=1}^2 \frac{\frac{1}{\sigma_\gamma^2}}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{\sigma_j^2}} \left(\sum_{j=1}^m g_j Q_j^\gamma \right)^{\frac{1}{\gamma}}$	0,05	0,058	0,052	0,061	0,069	0,068	0,066	0,083	0,088

Таблица 4

Значения МО среднего риска $M[R]$ при относительной погрешности измерения единичных показателей качества образца ВВСТ $\sigma_j=10\%$

Способ оценки ТУ	Количество единичных показателей качества образца ВВСТ, m								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_{ТУ-1} = \left(\sum_{j=1}^m \frac{g_j}{Q_j} \right)^{-1}$	0,129	0,122	0,143	0,209	0,205	0,286	0,298	0,305	0,33
$K_{ТУ0} = \prod_{j=1}^m Q_j^{g_j}$	0,101	0,095	0,097	0,127	0,118	0,156	0,14	0,149	0,16
$K_{ТУ1} = \sum_{j=1}^m g_j Q_j$	0,09	0,098	0,109	0,119	0,113	0,121	0,102	0,133	0,135
$K_{ТУ2} = \sqrt{\sum_{j=1}^m g_j Q_j^2}$	0,109	0,139	0,176	0,184	0,186	0,217	0,192	0,243	0,241
$K_{ТУММП} = \sum_{\gamma=1}^2 \frac{\frac{1}{\sigma_\gamma^2}}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{\sigma_j^2}} \left(\sum_{j=1}^m g_j Q_j^\gamma \right)^{\frac{1}{\gamma}}$	0,091	0,092	0,097	0,114	0,1	0,107	0,092	0,099	0,111

Таблица 5

Значения МО среднего риска $M[R]$ при относительной погрешности измерения единичных показателей качества образца ВВСТ $\sigma_j=15\%$

Способ оценки ТУ	Количество единичных показателей качества образца ВВСТ, m									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$K_{TY-1} = \left(\sum_{j=1}^m \frac{g_j}{Q_j} \right)^{-1}$	0,158	0,204	0,215	0,234	0,274	0,3	0,344	0,345	0,375	
$K_{TY0} = \prod_{j=1}^m Q_j^{g_j}$	0,137	0,158	0,156	0,167	0,183	0,197	0,213	0,209	0,226	
$K_{TY1} = \sum_{j=1}^m g_j Q_j$	0,131	0,137	0,121	0,153	0,139	0,154	0,134	0,155	0,167	
$K_{TY2} = \sqrt{\sum_{j=1}^m g_j Q_j^2}$	0,158	0,167	0,152	0,202	0,198	0,219	0,205	0,241	0,248	
$K_{TYMMI} = \sum_{\gamma=1}^2 \frac{1}{\sigma_j^2} \left(\sum_{j=1}^m g_j Q_j^{\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$	0,13	0,143	0,128	0,146	0,135	0,152	0,133	0,141	0,149	

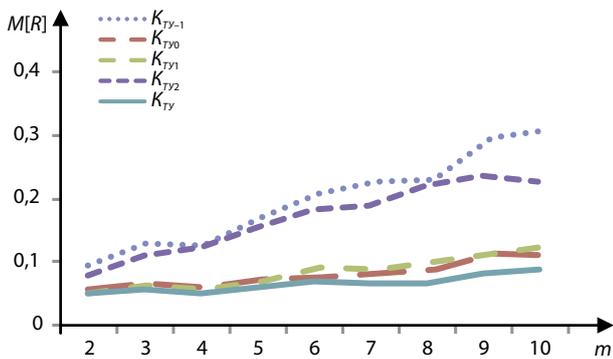


Рис. 2. Графики значений $M[R]$ при относительной погрешности измерения единичных показателей качества образца ВВСТ $\sigma_j=5\%$

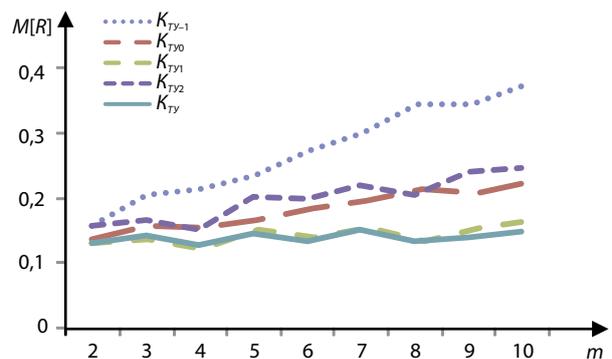


Рис. 4. Графики значений $M[R]$ при относительной погрешности измерения единичных показателей качества образца ВВСТ $\sigma_j=15\%$

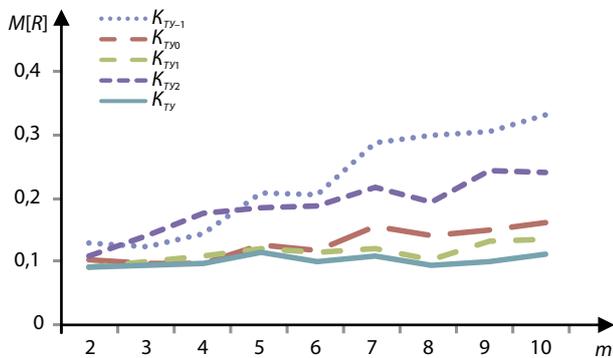


Рис. 3. Графики значений $M[R]$ при относительной погрешности измерения единичных показателей качества образца ВВСТ $\sigma_j=10\%$

Анализ полученных результатов показывает:

- с уменьшением погрешности измерения единичных показателей качества образца ВВСТ σ_j уменьшается МО среднего риска $M[R]$ ошибочного планирования мероприятий ГПВ;
- увеличение количества единичных показателей качества m образца ВВСТ позволяет более полно охарактеризовать оцениваемый образец ВВСТ, однако при этом наблюдается повышение МО среднего риска $M[R]$.

Минимальные значения МО среднего риска $M[R]$ отмечается при оценке ТУ образца ВВСТ методом максимального правдоподобия, а значения риска не превышают приемлемого уровня

(см. табл. 2) и меньше на 10 % и более относительно известных ранее и рассмотренных в статье способов оценки ТУ.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы.

При наличии неопределенности в оценке соответствия образца ВВСТ современным требованиям определить средний риск ошибочного планирования мероприятий ГПВ возможно по критерию «идеального наблюдателя». В этом случае риск определяется через сумму вероятности определения исследуемого образца ВВСТ как «устаревший» при условии, что образец является «современным», и вероятности определения исследуемого образца ВВСТ как «современный» при условии, что образец является «устаревшим».

Если значение риска превышает приемлемый уровень, необходимо повышать точность оценки ТУ образца ВВСТ путем использования наиболее эффективного способа его оценки, увеличить количество показателей качества, что позволит более полно охарактеризовать исследуемый образец ВВСТ, уменьшить неопределенность измерения исходных значений единичных показателей качества образца ВВСТ.

Применение оценки ТУ методом максимального правдоподобия с нормированием единичных показателей качества в соответствии с логистической кривой позволяет уменьшить риск ошибочного планирования мероприятий ГПВ на 10 % и более, тем самым снизить вероятность несоответствия системы вооружения заданным требованиям на конец планового периода и возможные материальные потери.

Литература:

1. Брязгин, Е. Ю. Методические подходы к определению уровня современности образцов вооружения на примере танка Т-72Б / Е. Ю. Брязгин, А. В. Гринкевич, А. Ю. Федоров // Наука и военная безопасность. — 2012. — № 1. — С. 92–99.
2. Хамханова, Д. Н. Основы квалиметрии: учеб. пособие / Д. Н. Хамханова. — Улан-Удэ, 2003.
3. Федюкин, В. К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции: учеб. / В. К. Федюкин, В. Д. Дурнев, В. Г. Лебедев — М.: Информационно-издательский дом «Филинъ», Рилант, 2000. — 328 с.
4. Брязгин, Е. Ю. Выбор способа оценки технического уровня образцов вооружения, военной и специальной техники / Е. Ю. Брязгин, А. В. Гринкевич, С. А. Савенко // Наука и военная безопасность. — 2012. — № 3 — С.31–36.
5. Неопределенность измерения. Введение в руководства по неопределенности измерения: ГОСТ Р 54500.1–2011/ Руководство ИСО/МЭК 98–162009 — Введ. 16.11.2011. — М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: ФГУП «Стандартинформ», 2012. — 18 с.
6. Брязгин, Е. Ю. Оценка технического уровня радиотехнических систем методом максимального правдоподобия / Е. Ю. Брязгин, А. В. Гринкевич // Доклады БГУИР. — 2014. — № 7.
7. Шишкин, И. Ф. Теоретическая метрология / И. Ф. Шишкин — СПб: Питер, 2010. — Ч. 1. Общая теория измерений: учеб. для вузов. — 192 с.
8. Охрименко, А. Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба / А. Е. Охрименко — М.: Воениздат, 2010. — Ч. 1. Основы радиолокации: учеб. пособие. — 456 с.
9. Вишняков, Я. Д. Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. — 2-изд., испр. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 368 с.