

УДК 681.322.06

Бусяк Ю.М.

**О ФОРМИРОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОБЪЕКТА БРОНЕТЕХНИКИ ЭКСПЕРТНЫМ МЕТОДОМ**

Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А.А. Морозова

В работе [1] показана применимость метода анализа и сравнения объектов бронетехники по степени рациональности. Одним из ключевых этапов при осуществлении этого подхода является формирование рациональных показателей тактико-технических характеристик танка, бронетранспортера или боевой машины пехоты. Такие показатели могут быть получены путем моделирования боевых действий [3, 4], на основе результатов испытаний [6] и, наконец, анализа применения техники и вооружения в боевых условиях.

Однако эти подходы могут быть использованы и дают результаты лишь для отдельных показателей и самое главное не могут учитывать перспектив развития науки, техники и технологии [2]. Это становится особенно актуальным еще и потому, что современные объекты бронетехники представляют собой сложнейшие технические системы с большим количеством подсистем, элементов, прямых и обратных связей. Поэтому особое значение приобретает задача анализа и обработки мнения ученых и специалистов на основе методов, позволяющих объединить субъективную информацию и получить количественные оценки, характеризующие облик машины будущего. Такие оценки могут быть получены путем прямых расчетов, в основе которых лежит экстраполяция существующих тенденций и действующих на момент оценки факторов на будущее. Однако, многочисленные результаты такого подхода свидетельствуют о том, что предположения о жизненности факторов, определяющих развитие, особенно на длительный период, оказывается неверным [2, 3, 5, 6]. Это особенно актуально в вопросах разработки вооружений, поскольку здесь ошибки ведут не только к напрасным затратам ресурсов, но и к повышению риска снижения уровня военной безопасности государства.

Поэтому, с целью преодоления перечисленных трудностей, была поставлена задача определения рациональных показателей ТТХ объекта бронетехники экспертным методом.

Прогнозные экспертные оценки отражают индивидуальное суждение специалистов относительно характеристик и перспектив развития объекта и основаны на использовании профессионального опыта и фундаментальных знаний, совокупность которых можно назвать интуицией. Метод экспертных оценок используют для анализа объектов и поиска решения проблем, которые либо полностью, либо частично не поддаются математической формализации.

Одним из методов реализации анализа является аналитическая экспертная оценка, осуществляемая индивидуально путем опроса мнений экспертов-специалистов независимо друг от друга.

Существенным преимуществом этого метода является возможность максимального использования индивидуальных качеств эксперта и практически полное отсут-

ствии психологического воздействия извне. В то же время, из-за ограниченности и узкой специализации знаний одного эксперта, комплексный анализ сложной технической системы – объекта БТТ – может носить односторонний или даже недостоверный характер.

Учитывая это, эксперты-специалисты были разделены на три группы в зависимости от масштаба охвата анализа:

- 1 группа – экспертиза характеристик объекта в целом;
- 2 группа – экспертиза систем;
- 3 группа – экспертиза отдельных показателей системы.

При формировании групп экспертов основными являются вопросы формирования качественного и количественного состава.

По качественным показателям ко всем трем группам экспертов предъявлялись следующие общие требования:

- высокий уровень общей эрудиции;
- специальные знания в оцениваемой области;
- способность к адекватному оцениванию тенденции;
- перспективность мышления;
- научный интерес;
- производственный или научный опыт.

В количественном отношении группы характеризовались следующими данными.

Первая группа по своему уровню предполагает включение в ее состав специалистов уровня генерального и главных конструкторов в области бронетанкостроения, их заместителей, а также специалистов Министерства обороны и Генерального штаба ВС Украины как заказчиков и потребителей этой техники. Численность ее составила 14 человек.

Вторая группа включала в себя специалистов по различным системам (двигатель, корпус, движитель, комплекс вооружения, эргономика) и состояла из нескольких независимых групп, включавших от 7 до 12 экспертов.

Третья группа экспертов также состояла из нескольких групп, причем в их число эксперты из 1-й группы не включались, а из второй могли входить при оценке показателя соответствующей подсистемы. При этом третья группа экспертов относилась, в основном, к характеристикам, которые реализуются в подсистемах и комплексах, производящихся независимо от основного объекта.

При статистической обработке результатов экспертных оценок в виде количественных данных, содержащихся в анкетах, определялись статистические оценки характеристик и их доверительные границы, а также статистические оценки согласованности мнений экспертов.

Среднее значение оцениваемой величины

$$b_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i, \quad (1)$$

где n – число экспертов; B_i – оценка прогнозируемой величины i -м экспертом.

Дисперсия D и оценка доверительного интервала j определялись соответственно как

$$D = \left[\sum_{i=1}^n (b_{m_i} - b_m)^2 \right] \cdot \frac{1}{n-1}; \quad (2)$$

$$j = t \sqrt{\frac{D}{n-1}}, \quad (3)$$

где t – параметр, определяемый по таблицам Стьюдента для числа степеней свободы $K=(n-2)$.

С учетом этого верхняя и нижняя граница оцениваемой величины определяются как

$$B_m^{\max} = b_m + j; \quad (4)$$

$$B_m^{\min} = b_m - j. \quad (5)$$

Коэффициент вариации оценок

$$\gamma = \frac{\zeta}{b_m}, \quad (6)$$

где ζ – среднеквадратичное отклонение.

Очевидно, что отдельные показатели, определяемые третьей группой, входят в таковые, определяемые второй и первой группами экспертов. Поэтому обработка результатов с использованием описанной процедуры (1)–(6) осуществлялась не только в группах, но и для одноименных показателей «по вертикали». Таким образом, для некоторых укрупненных показателей могли существовать не одна, а две или три оценки.

Кроме того, в первой группе экспертов находились специалисты конструкторских бюро, Министерства обороны и Вооруженных Сил (генеральный штаб, командование Сухопутных войск). Каждая из подгрупп экспертов естественно характеризуется своим специфическим (но это не значит ошибочным) взглядом на проблему в целом. Учитывая, что численностью эти подгруппы различны, во избежание получения тенденциозных оценок, характерных для соответствующих ведомств, обработка результатов опроса производилась сначала в подгруппах, после чего представлялась как

$$b_m = 0,33 \cdot b_m^{KB} + 0,33 \cdot b_m^{MO} + 0,33 \cdot b_m^{ГШ}, \quad (7)$$

где $b_m^{KB}, b_m^{MO}, b_m^{ГШ}$ – значения показателей по соответствующей подгруппе экспертов.

Как видно, уравнение (7) предполагает равный вес оценок групп экспертов. При обосновании приоритетов значения весовых коэффициентов могут быть соответствующим образом изменены.

Разработка анкет при проведении экспертного опроса является одним из основных этапов, от успеха осуществления которого в значительной степени зависит конечный результат.

Анкетирование проводится в два основных этапа:

1. При формировании групп высококвалифицированных специалистов-экспертов, связанных с исследованиями и НИОКР по направлению экспертизы, должности, специальные знания и опыт которых отвечает наперед определенным требованиям;

2. Проведение экспертизы путем опроса мнений независимых экспертов по определению ими показателей ТТХ образцов БТТ и ее качественных характеристик.

Таким образом, формировалось две анкеты, первая из них содержала объективные данные о предполагаемом эксперте, причем критериями отбора экспертов были:

1. Базовое техническое или военно-инженерное образование;
2. Общий стаж, причем, в том числе по направлению экспертизы, не менее 5 лет;
3. Занимаемая должность (для 1-й группы экспертов Генеральный или главный конструктор, начальник службы или управления видового научного центра, генерального штаба (виды ВС, директор департамента, начальник управления, МО или ЦНИИ ВВТ).
4. Ученая степень, специальность;
5. Специализация по направлению экспертизы.

Следует отметить, что в методах подбора экспертов и вообще в применении этих методов, царит известный произвол [2, 3, 4, 6], от методов самооценки до полного отсутствия оценки эксперта и волевого привлечения их, что, естественно, сказывается на результатах экспертизы. В настоящем исследовании экспертиза проводится не только в одной группе, но и «по вертикали» в соответствии с иерархией показателей, выносимых на оценивание. С другой стороны, облик машины в целом определяет лишь 1-я группа экспертов, которая разделена на подгруппы в соответствии с предполагаемыми ведомственными тенденциями, что отражается в способе усреднения результатов опроса в этих подгруппах с равными весовыми коэффициентами 0,33 независимо от численности подгруппы) в соответствии с (7). Для составления второй анкеты был разработан перечень групп показателей и их обозначения, которые приведены в таблице.

На основании данных таблицы 1 формировались анкеты для соответствующих групп экспертов. Так, анкета для первой группы экспертов включала показатели группы О (качественные показатели (группа 4) и основные показатели из групп 1, 2, 3. Для второй группы экспертов анкета включала один или несколько показателей из групп О и 4, и все показатели из соответствующей группы 1, 2, 3. Кроме того, каждый из показателей для первой и второй групп экспертов характеризовался уровнем его осуществления: достигнутым или перспективным.

Таким образом, анкеты для 1-й и 2-й групп экспертов, включавшие соответствующие показатели, состояли из набора универсальных строк, вид которых представлен на рис. 1.

По окончании заполнения анкеты эксперты могли дать описательные характеристики наиболее весомых качественных характеристик, не включенных в анкету (не более 16 слов). К ним могли относиться: тип двигателя, тип пушки и другие.

Те показатели, которые по результатам опроса 1-й и 2-й групп экспертов были определены как перспективные, выносились на экспертизу 3-й группы, анкета для которых коренным образом отличалась от первых двух групп. Эта анкета включала один показатель, который снова предлагалось оценить, то есть результат опроса экспертов 1-й и 2-й группы не доводился до сведения экспертов третьей группы, который предлагалось охарактеризовать качественно по следующим характеристикам:

- срок воплощения;
- методы, техника и технология, обеспечивающие достижение результата;
- соответствие прогнозируемого показателя современным тенденциям развития соответствующих образцов БТТ, науки, техники, технологии;
- уровень новизны или оригинальность решения;
- потребные объемы финансирования НИОКР или затраты на закупку;
- наличие квалифицированных исполнителей;
- наличие материально-технической базы;
- ожидаемые результаты;
- спрос на мировом рынке (только для экспортных образцов).

Таблица 1 – Группы показателей и их обозначение

№ п/п	Группы показателей	Размерность	Обозначение
О	Основные характеристики объекта БТТ		
1.	Масса	т	O1
2.	Габарит Н	м	O2
3.	Габарит В	м	O3
4.	Габарит D	м	O4
5.	Клиренс	мм	O5
6.	Мощность двигателя	л.с.	O6
7.	Экипаж	чел	O7
8.	Пушка, калибр	мм	O8
9.	Пулемет, калибр	мм	O9
10.	Гранатомет, калибр	мм	O10
11.	ТУР	шт	O11
12.	Боекомплект	шт	O12
13.	Бронепробиваемость, $\alpha=60^\circ$ D=2 км	мм	O13
14.	Время подлета 1-го выстрела	сек	O14
15.	Дальность стрельбы, км (при $R_{БПС}=0,55$)	км	O15
16.	Дальность стрельбы, км (при $R_{КС}=0,55$)	км	O16
17.	Трансмиссия, тип механическая гидромеханическая электромеханическая		O17
18.	Количество передач вперед-назад		O18
19.	V_{\max}	км/час	O19
20.	$V_{\text{ср}}$ по проселочной дороге	км/час	O20
21.	Запас хода по шоссе	км	O21
22.	Запас хода по грунтовой дороге	км	O22
23.	Среднее удельное давление на грунт	кг/см ²	O23
24.	Глубина брода	м	O24
	Основные характеристики БМП, БТР		
25.	Десант	чел	O25
26.	Темп стрельбы автоматической пушкой	выстр/мин	O26
27.	Скорость движения на плаву \max	км/час	O27
1	Подвижность		
1.	Максимальная мощность силовой установки	кВт (л.с.)	A1
2.	Удельный расход топлива	гр/кВт·ч $(\frac{g\rho}{\text{л.с.}\cdot\text{ч}})$	A2
3.	Габаритная мощность двигателя	кВт/м ³	A3
4.	Удельная мощность двигателя	кВт/т	A4
5.	Температурный диапазон работы двигателя без ограничений	°С	A5
6.	Ход катка опорного динамический	мм	A6
7.	Ход катка опорного статический	мм	A7

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Группы показателей	Размерность	Обозначение
2	Защищенность		
1.	Борт корпуса, эквивалент на 2 км $\alpha=60^\circ$	мм	Б1
2.	Борт башни, эквивалент на 2 км $\alpha=60^\circ$	мм	Б2
3.	Крыша корпуса, эквивалент на 2 км $\alpha=60^\circ$	мм	Б3
4.	Крыша башни, эквивалент на 2 км $\alpha=60^\circ$	мм	Б4
5.	Днище корпуса	мм	Б5
6.	Динамическая защита (приrost эквивалента по стойкости при применении ДЗ) от БПС	мм	Б6
7.	Динамическая защита (приrost эквивалента по стойкости при применении ДЗ) от ПТУР	мм	Б7
8.	Динамическая защита (приrost эквивалента по стойкости при применении ДЗ) от КС	мм	Б8
9.	ЭПР для $\lambda=3,2$ см	м ²	Б9
10.	Средняя температура выхлопных газов	°С	Б10
11.	Температурный контраст танка ΔT	°С	Б11
3	Вооружение		
1.	Длина ствола	мм/калибр	В1
2.	Живучесть ствола	выстр.	В2
3.	Погрешность вибрационного рассеивания пушки	т.д.	В3
4.	Погрешность технической подготовки пушки	т.д.	В4
5.	Бронепробиваемость, $\alpha=60^\circ D=2$ км	мм	В5
6.	Начальная скорость БПС	м/сек	В6
7.	Падение начальной скорости снаряда на 100м полета	м/с	В7
8.	Погрешность технического рассеивания снаряда	т.д.	В8
9.	Прибор командира – панорамный	да, нет	В9
10.	Увеличение	х	В10
11.	Угол поля зрения	град	В11
12.	Стабилизация поля зрения	мрад (т.д.)	В12
13.	Дальномер лазерный или оптический	ЛД / ОД	В13
14.	Ночной прицел, дальность видения	м	В14
15.	Угол поля зрения	град	В15
16.	Стабилизация поля зрения	мрад (т.д.)	В16
17.	Основной прибор наводчика перископический	да, нет	В17
18.	Увеличение	X	В18
19.	Угол поля зрения	град	В19
20.	Стабилизация поля зрения	мрад (т.д.)	В20
21.	Дальномер лазерный или оптический	ЛД / ОД	В21
22.	Ночной прицел наводчика, дальность видения	м	В22
23.	Угол поля зрения		В23
24.	Стабилизация поля зрения		В24
25.	Стабилизатор основного вооружения, погрешность	т.д. (мрад)	В25
26.	Скорость переброса	град/сек	В26
27.	Погрешность подготовки данных для стрельбы	т.д. (мрад)	В27

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Группы показателей	Размерность	Обозначение
Вооружение БМП, БТР			
28.	Мах углы наведения по вертикали	град	В30
4	Качественные показатели		
1.	Автомат заряжания	0 1	К1
2.	Система автоматического сопровождения целей	0 1	К2
3.	Система встроенного контроля выверки прицела с пушкой или система учета изгиба ствола	0 0,5 1	К3
4.	Система автоматической разведки целей в диапазонах: оптическом, ИК, радиотехническом и акустическом диапазонах (в одном или двух, или в любых трех либо во всех четырех)	0 0,5 0,6 0,8 1	К4
5.	Интегральная цифровая система управления и контроля компонентами комплекса вооружения	0 1	К5
6.	Помехозащитные цифровые средства связи с ППРУ или навигационная система или автоматизированная система управления боем подразделения тактического звена	0 0,5 0,75 1	К6
7.	Активная защита	0 1	К7
8.	Система регистрации лазерного или лазерного и радиотехнического облучения	0 0,5 1	К8
9.	Система постановки защитного экрана (облака) в диапазонах - оптическом, ИК и радиотехническом диапазонах (одном или любых двух или во всех трех)	0 0,5 0,75 1	К9
10.	Система (ы) создания помех или ложных целей в оптическом, ИК и радиотехническом диапазонах (одном или любых двух или во всех трех)	0 0,5 0,75 1	К10
11.	Маскировочные сети в одном из диапазонов: оптическом, ИК и радиотехническом диапазонах (или в любых двух или во всех)	0 0,5 0,7 1	К11
12.	Интегральная цифровая система управления и контроля составных частей силовой установки, трансмиссии, ходовой части с места мех.-водителя или с мест мех.-водителя и командира	0 0,5 1	К12
13.	Автоматизированная система управления натяжением гусеничных лент	0 1	К13
14.	Автоматизированная система управления параметрами подвески, в том числе клиренсом.	0 1	К14

Обозначение	Наименование	Раз-ть	Значение	Уровень разработки	
				достигнутый	перспективный
О1	Масса	т			

Рисунок 1 – Форма анкеты для 1-й и 2-й групп экспертов

С учетом этого, с использованием рекомендаций [2, 4, 6] составлена анкета, представленная в таблице 2

Таблица 2 – Анкета для оценки единичного показателя и его характеристик

№ п/п	Группа хар-к	Показатели качественных характеристик	Ответ	Значение метрического свойства	Весовой коэффициент
1	Время	Срок выполнения (достижения) показателя	1 год	1,0	0,25
			2-3 года	0,5	
			5 лет	0	
2	Уровень	Методы, техника и технологии достижения показателя	существующие	1,0	0,25
			новые	0,5	
			затр. отв.	0	
3		Соответствие современным тенденциям развития	соотв. разраб.	1,0	
			зарубежные	0,5	
			мировые	0	
4		Наличие аналогов	отсутствуют	1,0	
			есть в Украине	0,7	
			есть за рубежом	0,4	
			имеются сведения об аналогах	0	
5	реальность	Объем финансирования	приемлемые	1,0	0,15
			завышенные	0,5	
			заниженные	0	
6		Квалификация, опыт отечественных исполнителей	достаточные	1,0	
			недостаточные	0,5	
			отсутствуют	0	
7		Уровень разработки	имеются серийные образцы	1,0	
			опытные образцы	0,5	
			отсутствует (начальный)	0	
8		Производственно техническая и технологическая базы	достаточная	1,0	
			требует развития	0,5	
			нет	0	
9	результат	Ожидаемый результат	выводит на качественно новый уровень	1,0	0,35
			соответствует мировым достижениям	0,5	
			прикладной	0	
10		Наличие спроса на мировом рынке вооружений	есть	1,0	
			нужно формировать	0,5	
			затруднит. ответить	0	

Обработка результатов этой анкеты отличалась от изложенного выше подхода таким образом, что оценивался качественный уровень рационального показателя путем нахождения среднего в группе характеристик C_{T_i} с последующим суммированием с учетом весового коэффициента K_v :

$$P_R^K = \sum_{i=1}^n K_{V_i} \cdot C_{T_i} \quad (8)$$

При этом показатель считался обоснованным и реализуемым при $1 \geq P_R^K \geq 0,9$. При значении $P_R^K < 0,515$ считали, что показатель с таким значением не может быть реализован. И при значениях $1 > P_R^K \geq 0,75$ считался таким, что может быть достигнут с привлечением дополнительных ресурсов; при $0,75 > P_R^K > 0,515$ – проблематично.

Таким образом, решалась задача составления анкет и опроса с их помощью экспертов. Следует отметить, что наибольшие трудности возникли с экспертизой по отдельным перспективным показателям.

Несмотря на понятное и объяснимое стремление – определить параметры настолько исчерпывающе, насколько это возможно для сложных технических систем, учитывая большое количество взаимосвязанных и влияющих внешних факторов, существуют ситуации, когда уровень имеющейся информации недостаточен, а количество специалистов – носителей этой информации – ничтожно мало.

Поэтому нужно подчеркнуть, что субъективное определение параметров и характеристик не снискало себе доброй славы. В первую очередь это связано с тем, что один и тот же специалист, оценивая вероятности по различным дискретным значениям, приходит к противоречивым выводам.

Чтобы избежать ложных оценок, далеко не все параметры, отмеченные как перспективные, были подвергнуты экспертизе. Это объясняется двумя факторами. Во-первых – масштабностью задачи, которая выходит далеко за рамки настоящего исследования, где разработан регулярный подход к построению рациональных характеристик объекта БТТ. Во-вторых – физическим отсутствием необходимого числа экспертов по некоторым отдельным показателям для осуществления экспертизы.

Оценки компетентных комиссий экспертов также порой могут приводить к разочаровывающим результатам, так как за счет увеличения числа экспертов устраняются случайные ошибки, а не систематические, но при этом возникают новые, вызванные взаимным влиянием оценок.

Несмотря на это, субъективные оценки в проектно-конструкторских работах и промышленности присутствуют. При этом необходимо различать параметры, которые оцениваются на основе ретроспективного анализа и перспективные, которые должны реализовываться в будущем. В последнем случае нужно, прежде всего, оценить, останутся ли существующие условия неизменными. Эта задача для объектов вооружения стоит особенно остро, т.к. здесь, в первую очередь, внедряются самые прогрессивные «прорывные» технологии.

Литература

1. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М., Рикунев О.Н. Анализ изменения приоритетов легких боевых колесных и гусеничных машин. 1/ИТЭ, №3, 2007 с.
2. Бешенев С.Д., Гурвич Ф.Г. Экспертные оценки. М. Наука. 1973. 159 с.
3. Чуев Ю.Г. Прогнозирование в военном деле. М. Радио и связь. 1975.
4. Мітрахович М.М. Складні технічні системи. Системне математичне забезпечення проектних рішень. Київ: «Ніглава», 1998.–184 с.
5. Радвик В. Военное планирование и анализ систем. М. 1972.– 480 с.
6. Нарусбаев А.А. Введение в теорию обоснования проектных решений. Л. Судостроение 1976.– 221 с.

УДК 681.322.06

Бусяк Ю.М.

ПРО ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТА БРОНЕТЕХНІКИ ЕКСПЕРТНИМ МЕТОДОМ

У статті наведено розроблений перелік показників щодо анкет, які використовуються для евристичної експертизи при формуванні раціональних характеристик об'єктів бронетехніки.