

Методика ранжирования показателей технического уровня особо легких высокоподвижных колесных транспортных средств для горных условий эксплуатации с применением косвенных методов анализа экспертных заключений

М.М. Жилейкин¹, М.Р. Калимулин², А.В. Мирошниченко³

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва 105005, Россия

² НИИ специальной техники Федерального казенного учреждения
«НПО “Специальная техника и связь”» МВД РФ, Москва 111024, Россия

³ ОКБ “Техника”, Москва, Россия

Разработан метод ранжирования показателей технического уровня особо легких высокоподвижных колесных транспортных средств (ОЛВКТС) для горных условий эксплуатации с применением косвенных методов анализа экспертных заключений, отличающийся тем, что при выводе соотношений для правил распределения степеней принадлежности проводится нормирование коэффициентов ранжирования показателей технического уровня.

E-mail: jileykin_m@mail.ru

Ключевые слова: *особо легкие высокоподвижные колесные транспортные средства, формирование технического облика, определяющие параметры, ранжирование.*

Конфликты в Ираке и Афганистане показали, что повышение бронезащиты внедорожников неизбежно ведет к потере ими возможности выполнять целый ряд разведывательных задач. В этой ситуации на помощь броневикам приходят легкие ударные автомобили с высокой маневренностью, малой заметностью и относительно низкой стоимостью — высококомобильные багги.

При проведении различных спецопераций в горных условиях все чаще возникает необходимость проведения быстрых и в то же время незаметных выдвигений в районы сосредоточения противника, скрытого преследования отходящих групп террористов и непрерывного наблюдения за их передвижением, осуществления разведки, эвакуации раненых. Все это обусловило повышение внимания к возможности использования особо легких высокоподвижных колесных транспортных средств (ОЛВКТС).

Условия эксплуатации машин в горных условиях весьма специфичны. Движение во многих случаях должно осуществляться по бездорожью с соответствующими требованиями по проходимости и маневренности. ОЛВКТС должно быть в состоянии преодолевать единичные препятствия в виде камней, пней, поваленных деревьев,

а также иметь возможность передвигаться по лесу, по мари, по заболоченным участкам, преодолевать водные преграды [1].

Все это ставит задачу создания высокопроходимого и маневренного транспортного средства относительно небольшой грузоподъемности, способного решать задачи в интересах специальных подразделений силовых структур Российской Федерации. К сожалению, такие машины отечественная промышленность не выпускает.

Попытки приспособить существующую технику для эксплуатации в специфических горных условиях не позволяют решать поставленных задач. Отсутствие научно-обоснованных методов формирования технического облика и прогнозирования перспективных значений определяющих параметров ОЛВКТС сдерживает развитие этого класса машин.

Одним из этапов формирования технического облика транспортного средства является определение номенклатуры показателей, характеризующих технический уровень разработки, а также ранжирование этих показателей по степени их влияния на технический облик. Ранжирование проводят для установления уровней значимости определяющих параметров. Анализ рангов показателей, характеризующих технический уровень конкретного изделия или семейства ОЛВКТС, на дальнейших этапах формирования технического облика позволяет принимать обоснованные технические и управленческие решения с учетом критерия “цена — качество”, учитывая значимость того или иного показателя.

Экспертный метод нахождения параметров весомости распространен достаточно широко и основан на обработке результатов опроса членов экспертной группы методами математической статистики [2, 3]. Разработанная методика направлена на снижение субъективности при определении рангов, однако имеющиеся примеры показывают, что их объективность вызывает сомнения [4].

Методика ранжирования показателей технического уровня.

Для решения задачи ранжирования параметров ОЛВКТС будем использовать метод, изложенный в работе [5]. Этот метод также использует матрицу парных сравнений элементов универсального множества. Рассмотрим процедуру ранжирования оценочных показателей подробнее.

Пусть A — некоторое свойство, которое рассматривается как лингвистический терм (например, “тягово-динамические свойства ОЛВКТС”, “тормозные качества ОЛВКТС” и др.). Нечеткое множество, с помощью которого формализуется терм A , представляет собой совокупность пар

$$A = \{ \langle u_1, \mu_A(u_1) \rangle, \langle u_2, \mu_A(u_2) \rangle, \dots, \langle u_n, \mu_A(u_n) \rangle \},$$

где $\{u_1, u_2, \dots, u_n\} = U$ — универсальное множество, на котором задается нечеткое множество A .

Задача состоит в том, чтобы определить значения $\mu_A(u_i)$ для всех $i = 1, \dots, n$. Совокупность этих значений и будет составлять неизвестную функцию принадлежности. Метод, который предлагается для решения поставленной проблемы, базируется на идее распределения степеней принадлежности элементов универсального множества согласно с их рангами. Эта идея раньше использовалась в теории структурного анализа систем, где рассмотрены различные способы определения рангов элементов [5].

В нашем случае под рангом элемента $u_i \in U$ будем понимать число $r_A(u_i)$, которое характеризует значимость этого элемента в формировании свойства, описываемого нечетким термом. Допускаем, что выполняется правило: чем выше ранг элемента, тем больше степень принадлежности.

Для последующих построений введем обозначения $r_A(u_i) = r_i$, $\mu_A(u_i) = \mu_i$. Тогда правило распределения степеней принадлежности можно задать в виде системы соотношений:

$$\begin{cases} \frac{\mu_1}{r_1} = \frac{\mu_2}{r_2} = \dots = \frac{\mu_n}{r_n}; \\ r_1 + r_2 + \dots + r_n = 1. \end{cases} \quad (1)$$

Используя уравнения (1), легко определить степени принадлежности всех элементов универсального множества через степень принадлежности опорного элемента. Если опорным является элемент

$u_i \in U$ с принадлежностью μ_i , то $\mu_j = \frac{\mu_j}{r_i} \mu_i$ для всех $i \neq j$.

Полученные формулы дают возможность вычислять степени принадлежности элементов $u_i \in U$ к нечеткому терму A двумя независимыми путями:

- по абсолютным оценкам уровней r_i , которые определяют согласно методикам, предложенным в теории структурного анализа систем;

- по относительным оценкам рангов $r_i / r_j = s_{ij}$, которые образуют матрицу $S = (s_{ij})$.

Матрица $S = (s_{ij})$ обладает следующими свойствами:

- она диагональная, т. е. $s_{ii} = 1$, $i = 1, \dots, n$;

- ее элементы, которые симметричны относительно главной диагонали, связаны зависимостью $s_{ij} = 1 / s_{ji}$;

- она транзитивна, т. е. $s_{ik} s_{kj} = s_{ij}$.

Наличие этих свойств приводит к тому, что при известных элементах одной строки матрицы S легко определить элементы всех других строк. Если известна строка r , т. е. элементы s_{rj} , $j = 1, \dots, n$, то произвольный элемент s_{ij} находится так:

$$s_{ij} = \frac{s_{kj}}{s_{ki}}.$$

Учитывая условие нормирования, получаем

$$\begin{aligned} r_1 &= \left(1 + \frac{1}{s_{12}} + \frac{1}{s_{13}} + \dots + \frac{1}{s_{1n}} \right)^{-1}; \\ r_2 &= \left(\frac{1}{s_{21}} + 1 + \frac{1}{s_{23}} + \dots + \frac{1}{s_{2n}} \right)^{-1}; \\ &\dots\dots\dots \\ r_n &= \left(\frac{1}{s_{n1}} + \frac{1}{s_{n2}} + \frac{1}{s_{n3}} + \dots + 1 \right)^{-1}. \end{aligned} \quad (2)$$

Поскольку матрица S может быть интерпретирована как матрица парных сравнений рангов, то для экспертных оценок ее элементов можно использовать 9-балльную шкалу Саати. Для нашего случая эта шкала приведена в табл. 1.

Таким образом, с помощью полученных формул экспертные знания о рангах элементов или их парные сравнения можно преобразовать в функцию принадлежности нечеткого термина.

Были выбраны 8 параметров, определяющих технический облик ОЛВКТС (табл. 2), и на основании заключения эксперта составлена матрица парных сравнений рангов на основе 9-балльной шкалы Саати (табл. 3). Ранги определяющих параметров (см. табл. 2) вычисляли по формулам (2).

Таблица 1

Шкала относительной важности

Числовая оценка (s_{ij})	Качественная оценка (сравнение r_i и r_j)
1	Отсутствие преимущества r_i над r_j
3	Слабое преимущество r_i над r_j
5	Существенное преимущество r_i над r_j
7	Явное преимущество r_i над r_j
9	Абсолютное преимущество r_i над r_j
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями

**Коэффициенты весомости (ранги) параметров,
определяющих технический облик ОЛВКТС**

№ п/п	Параметр	Коэффициент весомости (ранг)
1	Максимальная скорость движения	0,03
2	Запас хода	0,13
3	Удельная мощность	0,03
4	Дорожный просвет	0,11
5	Максимальный угол преодолеваемого подъема	0,11
6	Угол поперечной устойчивости	0,44
7	Максимальный динамический фактор	0,04
8	Удельная грузоподъемность	0,11

Таблица 3

**Матрица парных сравнений значимости
определяющих параметров ОЛВКТС по шкале Саати**

Номер параметра (см. табл. 2)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/3	1/3	1/7	1/5	1/9	1/3	1/5
2	3	1	5	1/2	1	1/3	5	8
3	3	1/5	1	1/5	1/5	1/7	1/5	1/3
4	7	2	5	1	1	1/5	5	1
5	5	1	5	1	1	1/5	3	3
6	9	3	7	5	5	1	7	7
7	3	1/5	5	1/5	1/3	1/7	1	1/3
8	5	1/8	3	1	1/3	1/7	3	1

Таким образом, по мнению экспертов, все определяющие параметры по степени важности можно разделить на три группы:

1) “угол поперечной устойчивости”, или стойкость ОЛВКТС к опрокидыванию, что особенно важно в горных условиях эксплуатации;

2) “дорожный просвет”, “максимальный угол преодолеваемого подъема”, “удельная грузоподъемность”, “запас хода”, т. е. параметры, характеризующие профильную проходимость и степень автономности машин, что также немаловажно в горах;

3) “максимальная скорость движения”, “удельная мощность”, “максимальный динамический фактор”, т. е. параметры, характеризующие тягово-динамические свойства ОЛВКТС.

Невысокие рейтинги параметров третьей группы эксперт объясняет тем, что в горных условиях на дорогах низкого качества высо-

кие скорость движения и тяговую динамику реализовать весьма трудно ввиду ограничений по плавности хода и коэффициенту сцепления.

Таким образом, проведенный анализ мнений экспертов относительно значимости параметров, определяющих технический облик ОЛВКТС для горных условий эксплуатации, методами нечеткой логики показал, что по уровню важности все параметры можно разбить на три группы. Параметры первой по значимости группы — это стойкость ОЛВКТС к опрокидыванию, параметры второй группы характеризуют профильную проходимость и степень автономности, а параметры третьей группы — тягово-динамические свойства ОЛВКТС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахидов У.Ш., Беляков В.В., Молев Ю.И. Транспортно-технологические проблемы Северного Кавказа. — Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. университет им. Р.Е. Алексеева, 2009. — 330 с.
2. Методика оценки уровня качества продукции с помощью комплексных показателей и индексов. — М.: Изд-во стандартов, 1974. — 72 с.
3. Погожев И.Б. Методы комплексной оценки качества продукции. — М.: Знание, 1971. — 40 с.
4. Плиев И.А. Автомобили многоцелевого назначения. Формирование технического облика АМН в составе семейств. — М.: МГИУ, 2011. — 262 с.
5. Яхъяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие. — М.: Интернет-университет Информационных технологий; БИНОМ, 2010. — 316 с.

Статья поступила в редакцию 05.10.2012