

УДК 623.4.094

Ильин Алексей Викторович, начальник лаборатории,
НИИЦ АТ 3 ЦНИИ Минобороны России, Россия, 140170, Московская обл.,
г. Бронницы, ул. Красная, д. 85, amn12no@mail.ru

Лукьянов Геннадий Засимович, канд., техн. наук, старш. научн. сотр.,
НИИЦ АТ 3 ЦНИИ Минобороны России, Россия, 140170, Московская обл.,
г. Бронницы, ул. Красная, д. 85, gzlukiyarov@mail.ru

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ВЫБОРА КОЛЕС ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ВВСТ

Аннотация. Проведено ранжирование тактико-технических характеристик и эксплуатационных свойств, определяющих технический облик автомобилей многоцелевого назначения. Определены расчетные зависимости и разработана методика для определения комплексного обобщенного показателя. На основании полученных в ходе натурных испытаний по разработанной методике научно обоснован и выполнен выбор шин модели КАМА-1260 для комплектования автомобилей семейства «Мустанг» на примере базового автомобиля этого семейства – КАМАЗ-5350.

Ключевые слова: шины, методика, тактико-технические характеристики, эксплуатационные свойства, испытания, комплексный обобщенный показатель.

Ilyin Aleksey V., head of laboratory,
The Research test centre 3rd central scientific research institutes of the Ministry of Defence
of Russian Federation, 85, Krasnaia st., Bronnitsy, Moscow area, 140170, Russia, amn12no@mail.ru,
Lukyanov Gennadiy Z., associate professor, senior research assistant,
The Research test centre 3rd central scientific research institutes of the Ministry of Defence
of Russian Federation, 85, Krasnaia st., Bronnitsy, Moscow area, 140170, Russia, gzlukiyarov@mail.ru

BASIC PROVISIONS OF THE TECHNIQUE OF CHOOSING WHEELS FOR PERSPECTIVE SAMPLES OF AMST

Abstract. The ranking of tactical and technical characteristics and operational properties determining the technical appearance of multi-purpose vehicles has been carried out. The calculated dependencies are determined and a method for determining the complex generalized index is developed. Based on the results obtained in the course of full-scale tests using the developed methodology, the choice of KAMA-1260 tires for the acquisition of cars of the Mustang family based on the example of the basic car of this family – KAMAZ-5350 was scientifically substantiated and carried out.

Key words: tyres, technique, tactical and technical characteristics, operational properties, tests, complex generalized indicator.

Введение

Боеготовность войск в значительной степени определяется эффективностью вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) при решении возложенных на них задач. Совершенствование форм и способов вооруженной борьбы предопределяет интенсивное развитие ВВСТ. При этом достижение требуемого уровня тактико-технических характеристик этого ВВСТ, в большинстве случаев, невозможно без повышения технического уровня средств обеспечения их подвижности – колесных образцов военной автомобильной техники (ВАТ). Однако повышение технического уровня колесных образцов ВАТ, как правило, ограничивается их конструктивными особенностями, применяемыми материалами и, в значительной степени, колесным двигателем (шинами).

Так как все силовые процессы, происходящие в автомобиле, реализуются в контакте шин с опорной поверхностью, то очевидно, что шины оказывают существенное влияние на формирование тактико-технических характеристик и эксплуатационных свойств колесных образцов ВАТ.

Таким образом, задача научно-обоснованного выбора колес (шин) для комплектования образцов ВАТ с целью реализации требуемых значений тактико-технических характеристик и эксплуатационных свойств является актуальной.

Метод экспертных оценок

Для решения поставленной задачи авторы предлагают применять комплексный обобщенный показатель (Z).

Были определены тактико-технические и эксплуатационные характеристики (факторы) на формирование которых оказывают влияние шины, а для их ранжирования использован метод экспертных оценок.

Экспертам была поставлена задача расположить факторы с использованием порядковой шкалы таким образом, что фактор, являющийся наиболее предпочтительным среди прочих, должен быть расположен на первом месте. Далее факторы располагать в порядке убывания их предпочтительности.

Индивидуальные оценки экспертов были сведены в таблицу априорного ранжирования, а их обработка проводилась в следующей последовательности [1]:

1. Определены суммы рангов всех экспертов по каждому фактору по формуле:

$$S_k = \sum_{j=1}^m k_{jm}, \quad (1)$$

где m – число экспертов; j – число факторов.

2. Определены отклонения суммы рангов от среднего ранга факторов по формуле:

$$\Delta_k = S_k - a, \quad (2)$$

где a – средний ранг каждого фактора.

3. По сумме рангов определены места каждого фактора.

4. Определены удельные веса факторов по их влиянию на целевой показатель по зависимости:

$$Q_k = \frac{2(j - M + 1)}{j(j + 1)}, \quad (3)$$

где M – место фактора.

Полученные при проведении экспертного опроса оценки факторов для группы автомобилей многоцелевого назначения, предназначенных для решения широкого спектра задач (монтаж и транспортировка вооружения и военной техники, буксировка вооружения и военной техники, прицепов и полуприцепов, перевозка личного состава и воинских грузов), а также полученные в результате расчетов значения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты опроса экспертов

Условные номера экспертов	Факторы									
	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}
	Характеристики назначения	Тормозные свойства	Маневренность	Тягово-скоростные свойства	Опорная проходимость	Акустический комфорт (уровень шума)	Топливная экономичность (запас хода)	Тепловая заметность	Управляемость и устойчивость	Плавность хода
1	1	2	9	7	3	10	6	8	5	4
2	2	1	8	4	3	9	7	10	6	5
3	1	2	9	3	5	10	7	8	6	4
4	2	1	7	5	3	8	9	10	6	4
5	3	6	7	2	1	10	9	4	5	8
6	1	3	7	5	2	9	8	10	4	6
7	1	4	5	2	3	10	6	9	7	8
8	2	1	7	3	5	10	4	9	6	8
9	1	2	7	8	4	10	5	9	3	6
10	2	1	7	4	3	10	5	9	8	6
11	1	2	9	8	5	10	6	7	3	4
12	3	2	9	5	1	10	6	8	4	7
13	1	3	5	2	6	10	8	9	4	7
14	1	2	5	4	3	9	7	10	8	6
15	1	2	8	6	3	10	9	4	5	7
Сумма рангов (S_k)	23	34	109	68	50	145	102	124	80	90
Отклонение от средней суммы (Δ_k)	-60	-49	27	-15	-33	63	20	42	-3	8
Квадрат отклонения (Δ_k^2)	3540	2352	702	210	1056	3906	380	1722	6	56
Занимаемое место (M_k)	1	2	8	9	3	10	7	5	4	6
Вес фактора (Q_k)	0,182	0,127	0,073	0,145	0,164	0,018	0,055	0,036	0,091	0,109

Согласованность мнений экспертов установили, определив коэффициент конкордации по зависимости [2]:

$$W = \frac{12S}{m^2(j^3 - j)} = \frac{12 \cdot 13933}{15^2 \cdot (10^3 - 10)} = 0,75, \quad (4)$$

где S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого фактора от среднеарифметического рангов.

В рассматриваемом примере значение $W = 0,75 > 0,5$, поэтому провели проверку гипотезы о неслучайности согласия экспертов.

Для этого определили критерий Пирсона по зависимости [2]:

$$X_p^2 = Wm(j-1) = 0,75 \cdot 15 \cdot (10-1) = 101,25, \quad (5)$$

где $(j-1)$ – число степеней свободы.

Полученное значение сравнивалось табличным при заданных уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы: $X_T^2 = 23,7$. Условие $X_p^2 = 101,25 > X_T^2 = 23,7$, поэтому подтверждена не случайность согласованности мнений экспертов.

Таким образом, по итогам определения коэффициента конкордации и значения критерия Пирсона, результаты экспертизы могут быть признаны удовлетворительными и адекватными.

Комплексный обобщенный показатель. Основные зависимости

Непосредственное определение обобщенного коэффициента авторы предлагают вести по алгоритму и зависимостям, представленным ниже.

Следует отметить, что используемые для определения обобщенного коэффициента факторы включают несколько подфакторов, со своими весомостями в зависимости от степени влияния на качество фактора, в который они входят.

Так, фактор «характеристики назначения» учитывает:

- нагрузочные характеристики (соответствие фактически приходящейся нагрузки на колесо индексу несущей способности шины);
- скоростные характеристики (соответствие требуемой (заданной в ОТТ, ТТТ, ТТЗ) максимальной скорости движения индексу категории скорости шины);
- тип шины (камерная/бескамерная);
- расположение нитей корда (радиально/диагонально);
- возможность регулирования давления [3];

– гарантийную наработку и ресурс шины.

Фактор «опорная проходимость» включает:

– удельную силу тяги на крюке (K_{Tmax});

– удельную силу сопротивления буксированию (f_0);

– максимальную скорость движения образца на выбранном типе дорожного покрытия (V_{max});

– приведенную удельную нагруженность по объему (q_{wa}).

Фактор «управляемость и устойчивость» включает значения максимальных скоростей выполнения таких маневров, как «поворот» и «переставка» [4].

Определение единичных относительных показателей авторы предлагают вести по одной из представленных ниже зависимостей из соображения: повышение единичного показателя соответствует более высокому или более низкому уровню качества:

$$\frac{x_i^{x_{iH}}}{x_{i\Phi}} \quad \text{или} \quad \frac{x_{i\Phi}^{x_{iH}}}{x_{iH}}. \quad (6)$$

Далее определяются единичные комплексные показатели по каждому фактору по формуле:

$$K_j = \left[\sum_{i=1}^n q_i \cdot x_i \right] \cdot 1000, \quad (7)$$

где q_i – вес единичного относительного показателя.

Расчет комплексного обобщенного показателя (Z) проводится с использованием зависимости:

$$Z = \sum_{i=1}^j Q_i \cdot K_j, \quad (8)$$

где Q_i – вес фактора; j – количество факторов.

Результаты испытаний. Пример расчета

В качестве примера представлен расчет комплексного обобщенного показателя для шин размерности 425/85R21 моделей КАМА-1260

и О-184, предназначенных, в частности, для установки на автомобили КАМАЗ-5350.

Фактические значения параметров для рассматриваемых шин получены в сопоставимых условиях, что дает возможность проводить сравнительную оценки этих шин по предложенному комплексному обобщенному показателю.

На рисунках 1–3 представлены фактически полученные в ходе натурных испытаний [5–7] значения параметров (подфакторов), входящих в факторы с наибольшим весом. Кроме того, на указанных рисунках представлены нормативные значения рассматриваемых параметров.

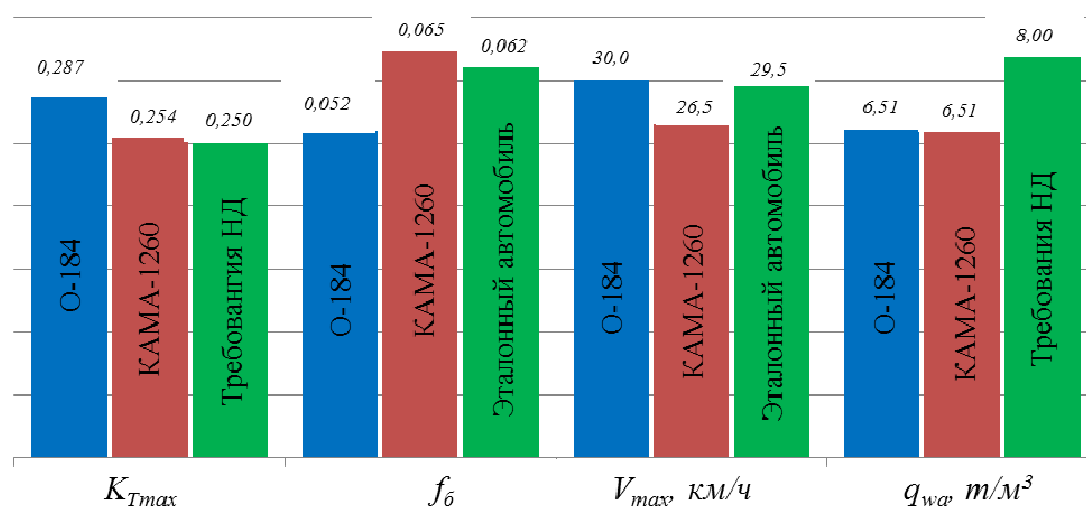


Рис. 1. Опорная проходимость

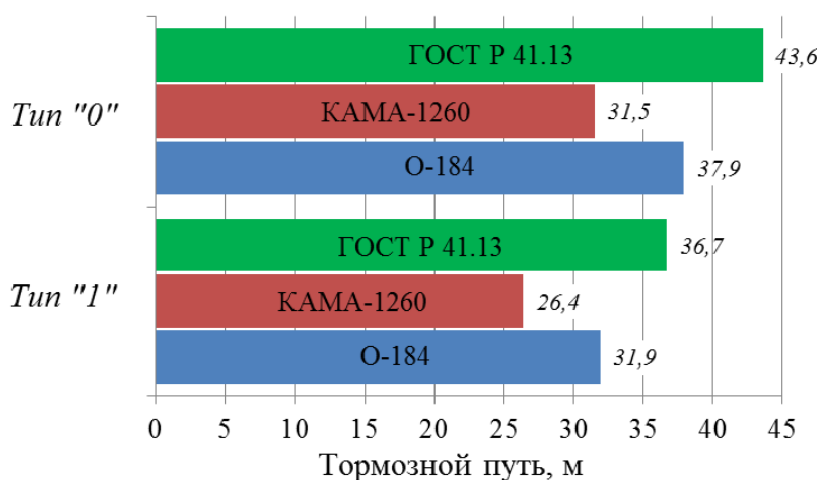


Рис. 2. Тормозные свойства

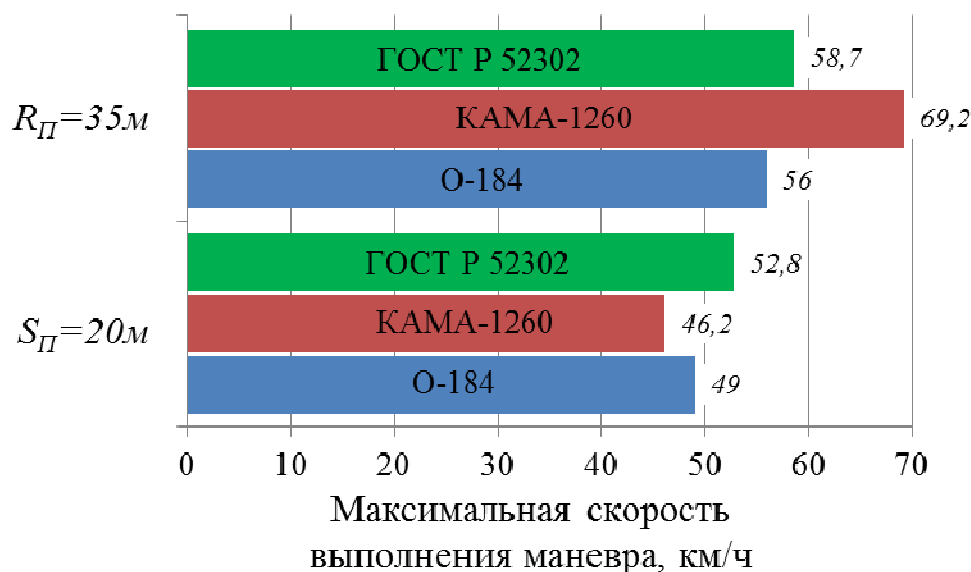


Рис. 3. Управляемость и устойчивость

В таблице 2 в условных единицах представлены значения единичных комплексных показателей, определенные по зависимостям (6) и (7), а также значения комплексного обобщенного показателя, определенного по зависимости (8).

Таблица 2

Результаты расчетов

Наименование комплексного показателя	Значение комплексного показателя	
	О-184	КАМА-1260
Единичные показатели		
Характеристики назначения	178	177
Тормозные свойства	189	228
Опорная проходимость	170	152
Управляемость и устойчивость	120	130
Тепловая заметность	86	94
Плавность хода	83	85
Топливная экономичность	74	67
Маневренность	58	58
Тягово-скоростные свойства	43	39
Акустический комфорт (уровень шума)	17	17
Обобщенный показатель		
Комплексный обобщенный показатель (Z)	1016	1047

Из представленных в таблице 2 данных следует, что по отдельным единичным комплексным показателям шина О-184 превосходит шину

КАМА-1260 при комплектовании ими автомобилей многоцелевого назначения, по другим наоборот – шина КАМА-1260 имеет лучшие значения, чем шина О-184. Однако по комплексному обобщенному показателю, учитывающему всю совокупность рассматриваемых факторов, шина КАМА-1260 более предпочтительна для комплектования автомобилей многоцелевого назначения и обеспечит более полную реализацию автомобилем заданных тактико-технических характеристик и эксплуатационных свойств.

Заключение

Таким образом, предложена методика научно-обоснованной оценки шин по комплексному обобщенному показателю, позволяющая проводить их оценку по этому показателю и рекомендовать шины для установки на колесные образцы ВАТ для реализации заданных в ТТТ (ТТЗ) значений параметров тактико-технических характеристик и эксплуатационных свойств.

Для комплектования автомобилей семейства «Мустанг» на примере базового автомобиля этого семейства – КАМАЗ-5350 обоснован выбор шин КАМА-1260.

Список литературы

1. Бешелев, С.Д. Экспертные оценки / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Наука, 1973. – 159 с.
2. Добров, Г.М. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании / Г.М. Добров [и др.] – Киев: Наукова думка, 1974. – 159 с.
3. Малиновский, М.П. Эволюция систем управления АТС / М.П. Малиновский // Вестник МАДИ. – 2014. – Вып. 4. – С. 22–31.
4. Малиновский, М.П. Метод повышения активной безопасности путем предупреждающего управления движением автопоезда: дис. ...

канд. техн. наук: 05.05.03/ М.П. Малиновский; МАДИ (ГТУ). – М., 2009. –157 с.

5. Исследовательские испытания пневматических шин регулируемого давления модели О-184 в сравнении с моделями КАМА-1260 и О-65: технический отчет / Технический автомобильный центр. – Бронницы, 2006.

6. Приемочные испытания радиальных шин с регулируемым давлением 425/85R21 146К модели О-184 НС14 на автомобилях ОАО «КАМАЗ» и ОАО «АЗ «УРАЛ»: технический отчет / ФГУ «21 НИИИ» Минобороны России. – Бронницы, 2008.

7. Исследование концептуальных вопросов формирования «Типажа ВАТ» и повышения уровня эксплуатационных свойств военной автомобильной техники: отчет о НИР / ФГУ «21 НИИИ» Минобороны России. – Бронницы, 2009.

References

1. Beshelev S.D., Gurvich F.G. *Jekspertnye ocenki* (Expert estimations), Moscow, Science, 1973, 159 p.

2. Dobrov G.M. *Jekspertnye ocenki v nauchno-tehnicheskom prognozirovanii* (Expert estimations in scientific and technical forecasting), Kiev, Naykova Dymka, 1974, 159 p.

3. Malinovskij M.P. *Vestnik MADI*, 2014, no. 4, pp. 22–31.

4. Malinovskij M.P. *Jeksperimental'noe issledovanie harakteristik sistem upravlenija transportnyh sredstv* (Experimental study of control systems characteristics of vehicles), Moscow, MADI, 2011, 123 p.

5. *Issledovatel'skie ispytaniya pnevmaticheskikh shin reguliruемого davlenija modeli O-184 v sravnenii s modeljami КАМА-1260 i O-65: tehničeskij otčet* (Research tests of pneumatic tyres of adjustable pressure of model O-184 in comparison with models КАМА-1260 and O-65: technical report), Bronnitsy, Technical automobile centre, 2006.

6. *Priemochnye ispytaniya radial'nyh shin s reguliruемым davleniem 425/85R21 146K modeli O-184 NS14 na avtomobiljah OAO «KAMAZ» i OAO «AZ «URAL»: tehničeskij otčet* (Acceptance tests of radial tyres with adjustable pressure 425/85R21 146K models O-184 HC14 on cars PLC «KAMAZ» and PLC «AF «URAL»: technical report), Bronnitsy, FSI «21 NIII» the Minister of Defence of Russia, 2008.

7. *Issledovanie konceptual'nyh voprosov formirovanija «Tipazha VAT» i povyšhenija urovnja jekspluatacionnyh svojstv voennoj avtomobil'noj tehniki: otčet o NIR* (Research of conceptual questions of formation «MMV Type» and increase of level of operational properties of military automobile technique / research report), Bronnitsy, FSI «21 NIII» the Minister of Defence of Russia, 2009.