

УДК 629.016

krudishev@gmail.com

**АНАЛИЗ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА НОВЫХ МОДЕЛЯХ ШАССИ КАМАЗ****TRACTION-SPEED CHARACTERISTICS ANALYSIS
OF THE FIRE TRACKS OF THE NEW KAMAZ CHASSIS MODELS**

*Шадэ Е.Ф., Крудышев В.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Зубарев И.А., кандидат педагогических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Shade Ye. F., Krudyshev V.V., Zubarev I. A.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе представлены данные расчета тягово-скоростных характеристик новых моделей шасси КамАЗ, влияющих на оперативность движения. Приведены расчетные значения внешней скоростной характеристики двигателей, тягово-скоростной характеристики шасси, динамической характеристики и ускорения автомобилей. Анализ указанных значений и их сравнение позволяют сделать вывод о наиболее подходящей модели базового шасси для создания пожарного автомобиля.

Ключевые слова: пожарные автомобили, шасси КамАЗ, внешняя скоростная характеристика, тягово-скоростная характеристика, динамический фактор.

It is represented the method of traction-speed characteristics calculation of the fire engine, affecting the movement efficiency. The calculated values of external speed characteristics of engines, traction-speed characteristics of the chassis, the dynamic characteristics and the acceleration of the car are brought in the article. Analysis of these values and their comparison will allow to draw a conclusion about the most appropriate model of fire engine and basic chassis for the given driving conditions.

Keywords: fire trucks, KAMAZ trucks, external performance, traction and speed characteristics, dynamic factor.

К современным пожарным автомобилям предъявляется ряд конструктивных и технических требований, в том числе по оперативности [1] и значениям удельной мощности [2]. Во внимание принимаются заявленные технические характеристики пожарного автомобиля. Однако при этом не учитываются параметры трансмиссии, которая очень существенно может влиять на реализацию мощностных характеристик базового шасси. Кроме того, разные модели и модификации автомобилей могут иметь отличаю-

щиеся параметры основных агрегатов и быть приспособленными для разных условий движения.

Ранее была описана методика расчета тягово-скоростных параметров пожарных автоцистерн [3]. По этой же методике было решено оценить характеристики новых моделей шасси КамАЗ 45501 D4 и КамАЗ 45502 45, а также пригодность к созданию пожарных автомобилей на их базе. В таблице 1 представлены технические характеристики описываемых базовых шасси [4].

Таблица 1
Технические характеристики базовых шасси

Базовое шасси	КамАЗ 45501 D4	КамАЗ 45502 45
Модель и тип двигателя	Дизельный Cummins ISB6.7 250 (Евро-4)	Дизельный КамАЗ 740.652- 260 (Евро-4)
Максимальная полезная мощность, кВт при частоте вращения коленчатого вала, об/мин	192,4 2300	191 1900
Максимальный полезный крутящий мо- мент, Н·м при частоте вращения коленчатого вала, об/мин	990 1500	1128 1300
Полная масса автомобиля, кг	11900	12700
Удельная мощность, кВт/т	16,1	15,0
Максимальная скорость, км/ч	100	100
Колесная формула	4x4	4x4
Внешний габаритный радиус поворота, м	10,2	11
Размер шин	395/80 R20	395/95 R20 425/85 R21
Габаритные размеры, м	6650x2500x3010	7570x2500x3080

Изучение технических характеристик базовых шасси позволяет сделать вывод, что параметры обеих автомобилей довольно близки, кроме значения крутящего момента. Для оп-

ределения показателей двигателей в рабочем диапазоне оборотов был выполнен расчет внешней скоростной характеристики. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2
Внешняя скоростная характеристика двигателей

n, об/мин	Cummins ISB6.7 250		КамАЗ 740.652-260	
	N _Е , кВт	M _Е , Н·м	N _Е , кВт	M _Е , Н·м
500	34,13	651,82	43,48	830,46
800	62,82	749,97	79,91	953,88
1100	94,28	818,56	118,08	1025,13
1400	125,72	857,57	153,08	1044,19
1700	154,34	867,02	179,98	1011,09
2000	177,36	846,90	193,88	925,80
2300	192,00	797,22	189,86	788,34
2600	195,47	717,96	163,00	598,70

По данным расчета были построены графики зависимости мощности и крутящего момента от числа оборотов двигателей, представленные на рисунке 1.

Результаты расчета позволяют сделать вывод, что двигатель КамАЗ

740.652-260 обладает большими значениями мощности и крутящего момента в рабочем диапазоне оборотов, следовательно, он способен быстрее ускоряться и поддерживать скоростной режим при заданной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

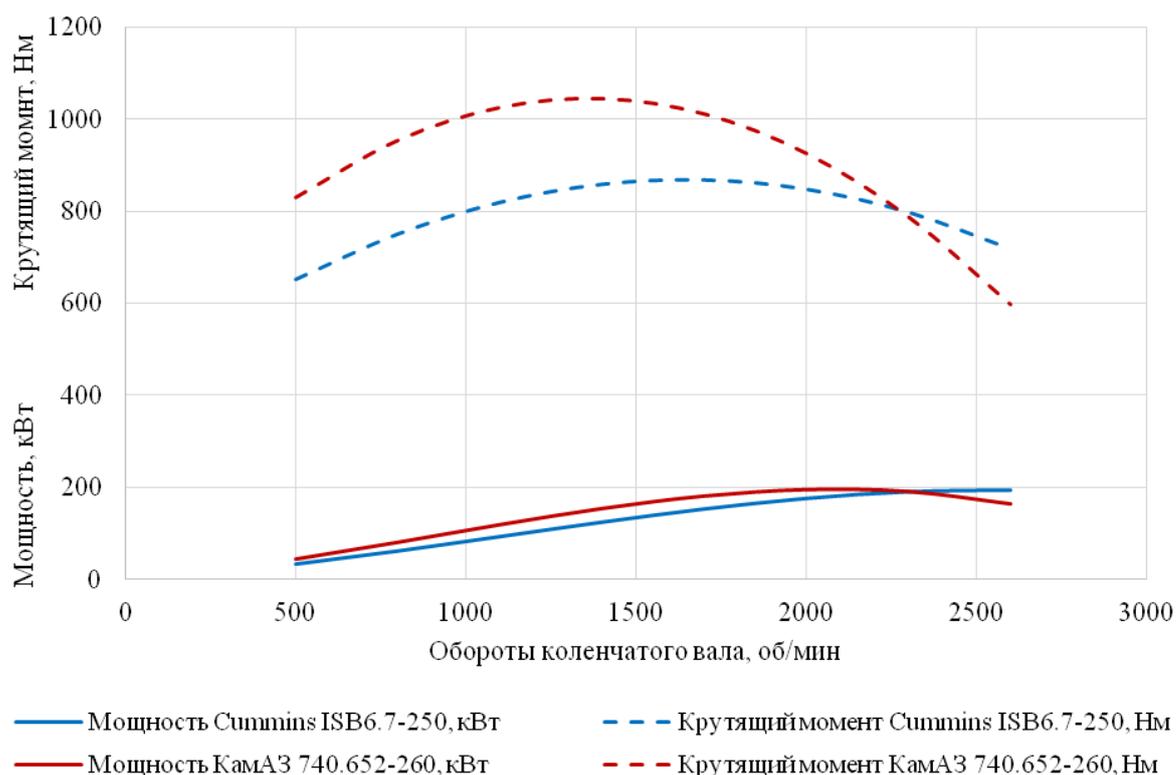


Рисунок 1. Внешняя скоростная характеристика двигателей

Для расчета тягово-скоростной характеристики выбранных автомобилей необходимо изучить устройство трансмиссии и определить передаточные числа ее агрегатов [5, 6]. Оба автомобиля полноприводные, имеют колесную формулу 4*4. На обе модели

шасси устанавливается коробка переключения передач ZF 9S1310. Передаточные числа главной передачи у автомобилей тоже одинаковые. Данные трансмиссии представлены в таблице 3 [4].

Таблица 3
 Параметры передаточных чисел трансмиссии

Число передач	Передаточные числа на передачах, $i_{КП}$	Передаточное число главной передачи, $i_{Г}$	Общее передаточное число трансмиссии $i_{ТР}$
КамАЗ 45501 D4 и КамАЗ 45502 45			
1	9,48	6,7	56,31
2	6,58		39,09
3	4,68		27,8
4	3,48		20,67
5	2,62		15,56
6	1,89		11,23
7	1,35		8,019
8	1		5,94
9	0,75		4,455

С учетом значений передаточных чисел трансмиссии были рассчитаны тяговые усилия на колесах и скорость движения автомобилей в задан-

ном диапазоне оборотов на каждой передаче. Результат расчета приведен в таблице 4.

Таблица 4
Параметры тяговых характеристик автомобилей

Марка шасси	Передача	Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, об*мин							
			500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600
КамАЗ 45501 D4	1	F_{k1} (Н)	58496,3	67304,8	73459,8	76961,3	77809,3	76003,8	71544,7	64432,2
		V_A (М*С)	0,5	0,8	1,1	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
	2	F_{k2} (Н)	40601,9	46715,8	50987,9	53418,3	54006,9	52753,7	49658,7	44721,9
		V_A (М*С)	0,8	1,2	1,7	2,1	2,6	3,0	3,5	3,9
	3	F_{k3} (Н)	28877,9	33226,4	36265,0	37993,6	38412,2	37520,9	35319,6	31808,3
		V_A (М*С)	1,1	1,7	2,3	3,0	3,6	4,2	4,9	5,5
	4	F_{k4} (Н)	21473,3	24706,8	26966,3	28251,6	28562,9	27900,1	26263,3	23652,3
		V_A (М*С)	1,4	2,3	3,1	4,0	4,8	5,7	6,5	7,4
	5	F_{k5} (Н)	16166,7	18601,1	20302,2	21269,9	21504,3	21005,3	19772,9	17807,2
		V_A (М*С)	1,9	3,0	4,2	5,3	6,4	7,6	8,7	9,8
	6	F_{k6} (Н)	11662,2	13418,4	14645,5	15343,6	15512,6	15152,7	14263,7	12845,7
		V_A (М*С)	2,6	4,2	5,8	7,3	8,9	10,5	12,0	13,6
	7	F_{k7} (Н)	8330,2	9584,5	10461,1	10959,7	11080,4	10823,3	10188,3	9175,5
		V_A (М*С)	3,7	5,9	8,1	10,3	12,5	14,7	16,9	19,1
	8	F_{k8} (Н)	6170,5	7099,7	7748,9	8118,3	8207,7	8017,3	7546,9	6796,6
		V_A (М*С)	4,9	7,9	10,9	13,9	16,8	19,8	22,8	25,7
	9	F_{k9} (Н)	4627,9	5324,7	5811,7	6088,7	6155,8	6013,0	5660,2	5097,5
		V_A (М*С)	6,6	10,6	14,5	18,5	22,4	26,4	30,4	34,3
КамАЗ 45502 45	1	F_{k1} (Н)	68305,4	78456,8	84316,6	85884,9	83161,7	76147,0	64840,7	49243,0
		V_A (М*С)	0,6	0,9	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	3,0
	2	F_{k2} (Н)	47410,3	54456,3	58523,5	59612,1	57721,9	52853,1	45005,5	34179,2
		V_A (М*С)	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3
	3	F_{k3} (Н)	33720,4	38731,8	41624,6	42398,9	41054,5	37591,5	32010,0	24309,8
		V_A (М*С)	1,2	1,8	2,5	3,2	3,9	4,6	5,3	6,0
	4	F_{k4} (Н)	25074,1	28800,6	30951,7	31527,4	30527,7	27952,7	23802,3	18076,5
		V_A (М*С)	1,6	2,5	3,4	4,3	5,3	6,2	7,1	8,1
	5	F_{k5} (Н)	18877,7	21683,2	23302,7	23736,1	22983,5	21044,8	17920,1	13609,4
		V_A (М*С)	2,1	3,3	4,5	5,8	7,0	8,2	9,5	10,7
	6	F_{k6} (Н)	13617,9	15641,7	16809,9	17122,6	16579,7	15181,2	12927,1	9817,4

	V_A (М*С)	2,9	4,6	6,3	8,0	9,7	11,4	13,1	14,9
7	F_{k7} (Н)	9727,0	11172,6	12007,1	12230,4	11842,6	10843,7	9233,6	7012,5
	V_A (М*С)	4,0	6,4	8,8	11,2	13,6	16,0	18,4	20,8
8	F_{k8} (Н)	7205,2	8276,0	8894,2	9059,6	8772,3	8032,4	6839,7	5194,4
	V_A (М*С)	5,4	8,6	11,9	15,1	18,4	21,6	24,8	28,1
9	F_{k9} (Н)	5403,9	6207,0	6670,6	6794,7	6579,2	6024,3	5129,8	3895,8
	V_A (М*С)	7,2	11,5	15,8	20,2	24,5	28,8	33,1	37,4

По расчетным данным таблицы 4 для каждого автомобиля и передачи были построены зависимости тягового усилия на колесе от скорости движе-

ния автомобиля, приведенные на рисунке 2.

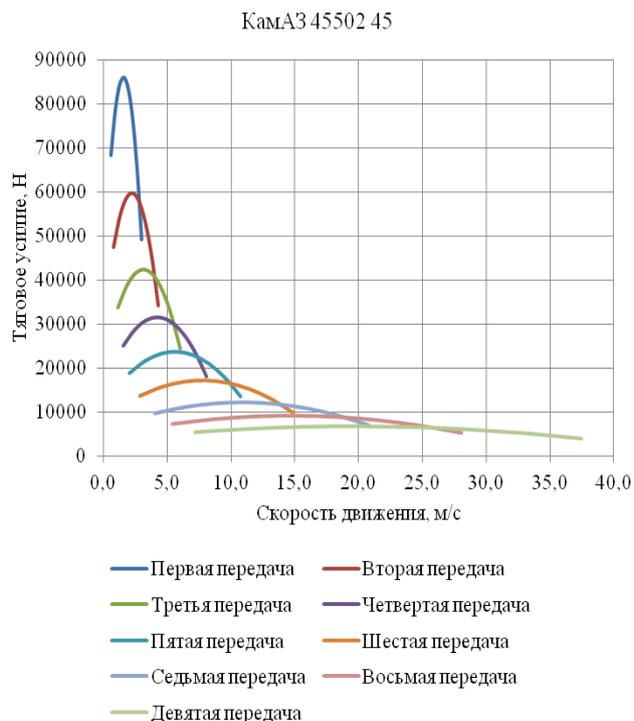
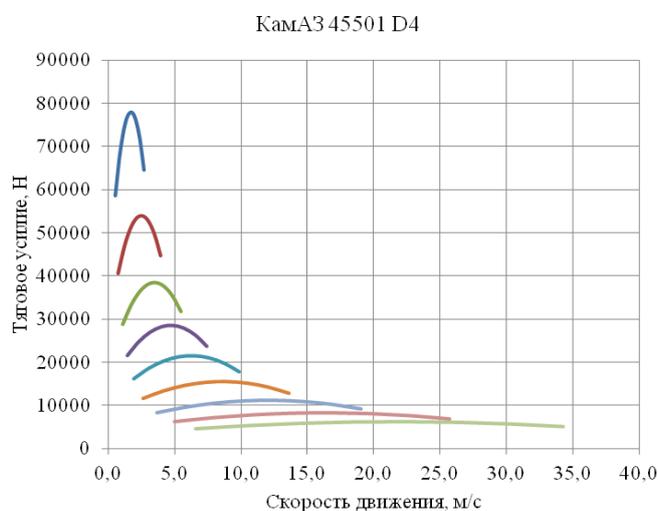


Рисунок 2. Тяговые характеристики автомобилей

Анализ графиков на рисунке 2 позволяет сделать вывод, что автомобиль

КамАЗ 45502 45, за счет более высокого крутящего момента двигателя, имеет лучшие тяговые характеристики. Скоростные характеристики КамАЗ 45502 45 отличаются в большую сторону, особенно это заметно на высших передачах. Следовательно, этот автомобиль будет иметь преимущество при движении в сложных дорожных условиях, где необходимо высокое значение тяги для преодоления возникающих сил сопротивления дороги.

Для построения динамической характеристики выбранных автомобилей был рассчитан динамический фактор, предложенный академиком Е.А. Чудаковым для сравнительной оценки динамических свойств автомобилей с различными техническими характеристиками. Динамический фактор учитывает скорость движения автомобиля, коэффициент обтекаемости автомобиля, площадь лобового сопротивления, силу сопротивления воздуха, силу тяги на колесах и ско-

рость движения. Последние два параметра были рассчитаны ранее и приведены в таблице 4. В таблице 5 приведены расчетные значения динамического фактора для каждой передачи исследуемых автомобилей в заданном диапазоне оборотов.

Используя расчетные данные таблицы 5, были построены графики динамической характеристики выбранных автомобилей, представленные на рисунке 3.

Поскольку габаритная высота автомобилей различается незначительно, то сила сопротивления воздуха также имеет небольшие различия. Габаритная высота автомобиля КамАЗ 45502 45 больше, что влияет на увеличение лобовой площади сопротивления и на увеличение силы сопротивления воздуха. Но за счет большего крутящего момента двигателя автомобиль имеет запас тяги, что характеризуется большим значением динамического фактора по сравнению с КамАЗ 45501 D4 и позволяет преодолевать возникающие сопротивления воздуха.

Таблица 5
Параметры динамических характеристик автомобилей

Марка шасси	Передача	Параметр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин							
			500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КамАЗ 45501 D4	1	F _B	1,07	2,74	5,18	8,40	12,38	17,14	22,67	28,97
		D	0,44	0,50	0,55	0,58	0,58	0,57	0,54	0,48
	2	F _B	2,22	5,69	10,76	17,43	25,71	35,58	47,05	60,13
		D	0,30	0,35	0,38	0,40	0,40	0,39	0,37	0,33
	3	F _B	4,40	11,25	21,27	34,46	50,81	70,33	93,01	118,86
		D	0,22	0,25	0,27	0,28	0,29	0,28	0,26	0,24
	4	F _B	7,95	20,35	38,48	62,33	91,90	127,20	168,22	214,96
		D	0,16	0,18	0,20	0,21	0,21	0,21	0,20	0,18
	5	F _B	14,03	35,90	67,88	109,96	162,13	224,40	296,78	379,24
		D	0,12	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,13
	6	F _B	26,95	69,00	130,45	211,30	311,56	431,23	570,30	728,78
		D	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09
	7	F _B	52,83	135,23	255,68	414,15	610,67	845,21	1117,80	1428,41

		D	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06
	8	F _B	96,28	246,46	465,97	754,80	1112,94	1540,40	2037,18	2603,28
		D	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03
	9	F _B	171,16	438,16	828,39	1341,86	1978,56	2738,49	3621,66	4628,05
		D	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КамАЗ 45502 45	1	F _B	1,30	3,34	6,31	10,23	15,08	20,87	27,60	35,27
		D	0,56	0,64	0,69	0,70	0,68	0,62	0,53	0,40
	2	F _B	2,71	6,93	13,11	21,23	31,30	43,32	57,30	73,22
		D	0,39	0,44	0,48	0,49	0,47	0,43	0,37	0,28
	3	F _B	5,35	13,70	25,91	41,96	61,88	85,64	113,26	144,73
		D	0,28	0,32	0,34	0,35	0,33	0,31	0,26	0,20
	4	F _B	9,68	24,78	46,85	75,89	111,91	154,89	204,84	261,76
		D	0,20	0,24	0,25	0,26	0,25	0,23	0,19	0,15
	5	F _B	17,08	43,72	82,66	133,90	197,43	273,26	361,38	461,80
		D	0,15	0,18	0,19	0,19	0,19	0,17	0,14	0,11
	6	F _B	32,82	84,02	158,85	257,30	379,39	525,11	694,46	887,44
		D	0,11	0,13	0,14	0,14	0,13	0,12	0,10	0,07
	7	F _B	64,33	164,67	311,34	504,32	743,61	1029,22	1361,14	1739,38
		D	0,08	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,06	0,04
	8	F _B	117,23	300,12	567,41	919,12	1355,23	1875,75	2480,67	3170,01
		D	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,02
	9	F _B	208,42	533,55	1008,73	1633,98	2409,29	3334,66	4410,09	5635,58
		D	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,00	-0,02

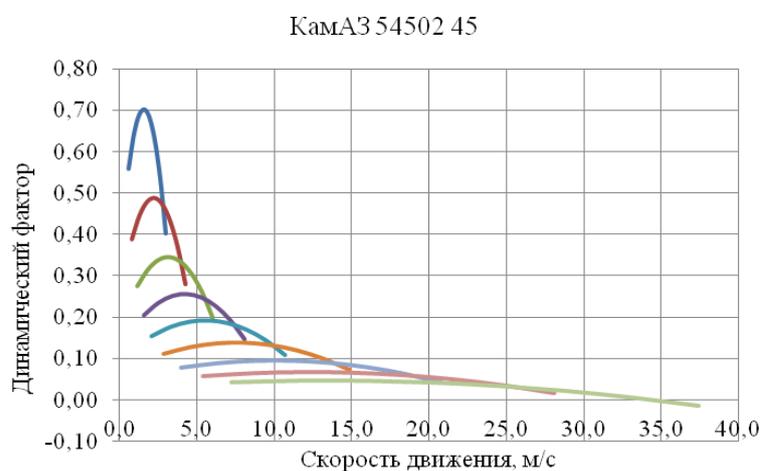
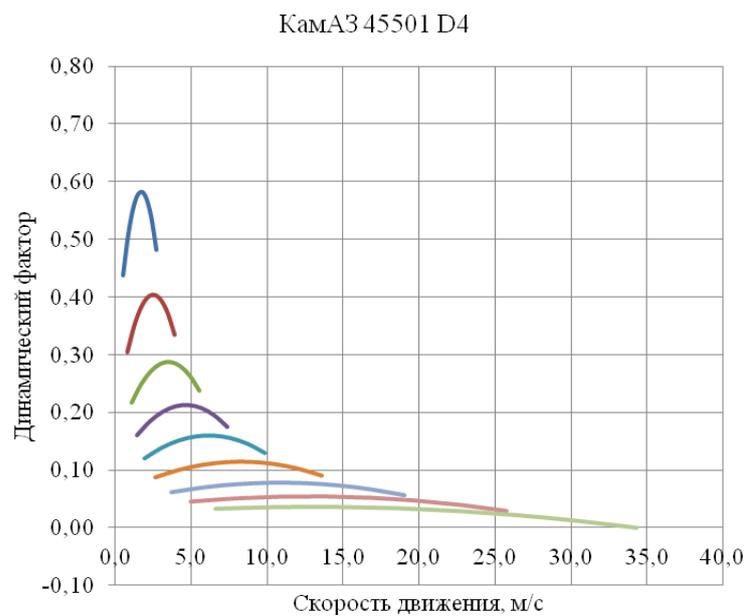
Значения динамического фактора позволяют судить о запасе тягового усилия на колесах и приемистости автомобиля: чем выше значения динамического фактора, тем выше приемистость автомобиля и его ускорение во всем диапазоне оборотов. В условиях городского трафика пожарный автомобиль движется с постоянным ускорением после торможений и маневрирования, поэтому ускорение является еще одной характеристикой, оказывающей серьезное влияние на оперативность пожарных автомобилей.

Ускорение автомобиля на каждой передаче зависит от величины динамического фактора, коэффициента сопротивления дороги, коэффициента вращающихся масс и передаточного числа коробки переключения передач. Расчетные значения ускорений автоцистерн на разных передачах в выбранном диапазоне оборотов приведены в таблице 6. На рисунке 4 представлены графики зависимости ускорений от скорости движения автомобилей.

Сравнение расчетных характеристик ускорения на разных передачах позволяет сделать вывод, что автомобиль КамАЗ 45502 45 имеет большие значения ускорений на каждой передаче и является более оперативным.

Поскольку двигатель пожарного автомобиля эксплуатируется в более сложных условиях, в транспортном и стационарном режиме, то и выходит из строя он быстрее. Поэтому ремонт двигателя отечественного производства потребует меньших затрат, чем импортного.

С учетом значений динамического фактора, тягового усилия на колесах и внешней скоростной характеристики двигателя можно предположить, что из сравниваемых базовых шасси КамАЗ 45502 45 наиболее подходит для создания на его базе пожарного автомобиля, так как является наиболее оперативным в условиях плотного городского уличного движения и наиболее проходимым на бездорожье вследствие высоких значений тягового усилия.



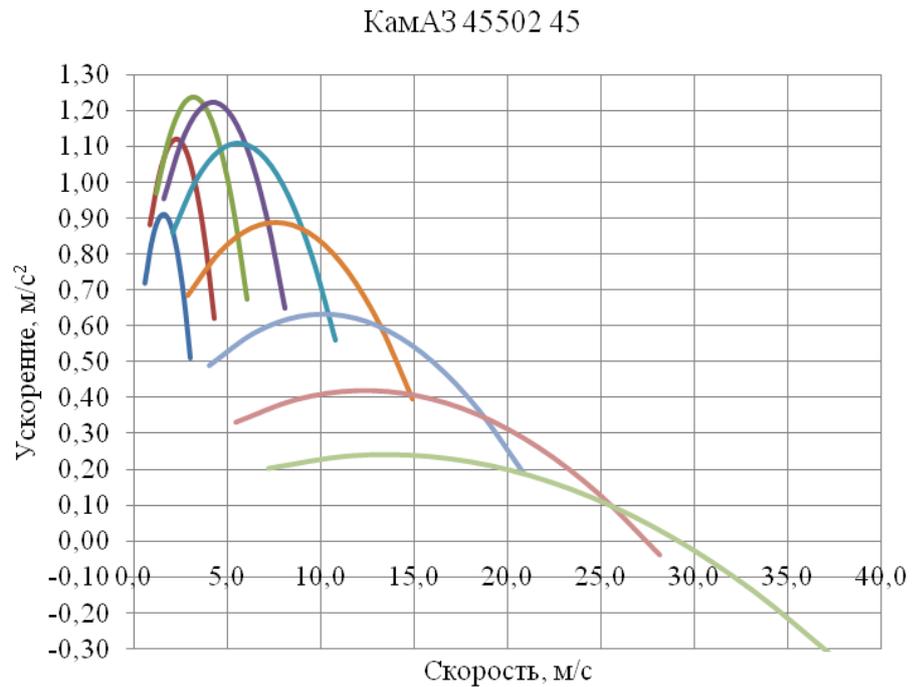
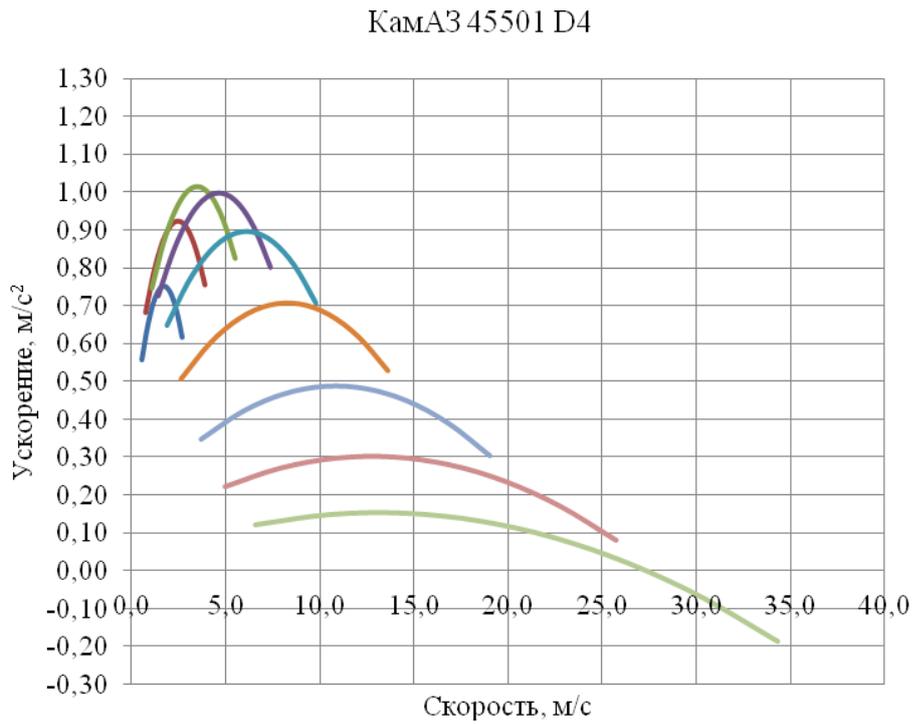
- Первая передача
- Вторая передача
- Третья передача
- Четвертая передача
- Пятая передача
- Шестая передача
- Седьмая передача
- Восьмая передача
- Девятая передача

Рисунок 3. Динамические характеристики автомобилей

Таблица 6
Ускорение автомобилей на разных передачах

Марка шасси	Передача	Пара-метр	Частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин							
			500	800	1100	1400	1700	2000	2300	2600
КамАЗ 45501 D4	1	V_A (м/с)	0,5	0,8	1,1	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
		J_{A1} (м/с ²)	0,56	0,65	0,71	0,74	0,75	0,73	0,69	0,62
	2	V_A (м/с)	0,8	1,2	1,7	2,1	2,6	3,0	3,5	3,9
		J_{A2} (м/с ²)	0,68	0,79	0,87	0,91	0,92	0,90	0,84	0,76
	3	V_A (м/с)	1,1	1,7	2,3	3,0	3,6	4,2	4,9	5,5
		J_{A3} (м/с ²)	0,75	0,87	0,95	1,00	1,01	0,99	0,93	0,82

КамАЗ 45502 45	4	V_A (м/с)	1,4	2,3	3,1	4,0	4,8	5,7	6,5	7,4
		J_{A4} (м/с ²)	0,73	0,85	0,94	0,99	1,00	0,97	0,90	0,80
	5	V_A (м/с)	1,9	3,0	4,2	5,3	6,4	7,6	8,7	9,8
		J_{A5} (м/с ²)	0,65	0,76	0,84	0,89	0,89	0,87	0,80	0,71
	6	V_A (м/с)	2,6	4,2	5,8	7,3	8,9	10,5	12,0	13,6
		J_{A6} (м/с ²)	0,51	0,60	0,67	0,70	0,71	0,68	0,62	0,53
	7	V_A (м/с)	3,7	5,9	8,1	10,3	12,5	14,7	16,9	19,1
		J_{A7} (м/с ²)	0,35	0,42	0,47	0,49	0,48	0,45	0,39	0,30
	8	V_A (м/с)	4,9	7,9	10,9	13,9	16,8	19,8	22,8	25,7
		J_{A8} (м/с ²)	0,22	0,27	0,30	0,30	0,28	0,24	0,17	0,08
	9	V_A (м/с)	6,6	10,6	14,5	18,5	22,4	26,4	30,4	34,3
		J_{A9} (м/с ²)	0,12	0,15	0,15	0,13	0,09	0,02	-0,07	-0,19
	1	V_A (м/с)	0,6	0,9	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	3,0
		J_{A1} (м/с ²)	0,72	0,83	0,89	0,91	0,88	0,80	0,68	0,51
	2	V_A (м/с)	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3
		J_{A2} (м/с ²)	0,88	1,02	1,10	1,12	1,08	0,99	0,83	0,62
	3	V_A (м/с)	1,2	1,8	2,5	3,2	3,9	4,6	5,3	6,0
		J_{A3} (м/с ²)	0,97	1,13	1,21	1,24	1,20	1,09	0,91	0,67
4	V_A (м/с)	1,6	2,5	3,4	4,3	5,3	6,2	7,1	8,1	
	J_{A4} (м/с ²)	0,95	1,11	1,20	1,22	1,18	1,07	0,89	0,65	
5	V_A (м/с)	2,1	3,3	4,5	5,8	7,0	8,2	9,5	10,7	
	J_{A5} (м/с ²)	0,86	1,00	1,09	1,11	1,06	0,96	0,79	0,56	
6	V_A (м/с)	2,9	4,6	6,3	8,0	9,7	11,4	13,1	14,9	
	J_{A6} (м/с ²)	0,69	0,81	0,87	0,89	0,85	0,75	0,60	0,40	
7	V_A (м/с)	4,0	6,4	8,8	11,2	13,6	16,0	18,4	20,8	
	J_{A7} (м/с ²)	0,49	0,58	0,63	0,63	0,59	0,50	0,37	0,19	
8	V_A (м/с)	5,4	8,6	11,9	15,1	18,4	21,6	24,8	28,1	
	J_{A8} (м/с ²)	0,33	0,39	0,42	0,41	0,35	0,26	0,13	-0,04	
9	V_A (м/с)	7,2	11,5	15,8	20,2	24,5	28,8	33,1	37,4	
	J_{A9} (м/с ²)	0,20	0,24	0,24	0,20	0,12	0,01	-0,14	-0,32	



- Первая передача
- Вторая передача
- Третья передача
- Четвертая передача
- Пятая передача
- Шестая передача
- Седьмая передача
- Восьмая передача
- Девятая передача

Рисунок 4. Ускорение автомобилей на разных передачах

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (действующая редакция) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Гл. 17. Ст. 76. С. 60.
2. ГОСТ Р 53328-2009 «Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний». М.: Стандартинформ, 2009. С. 7.
3. Крудышев В.В., Балаба С.В., Хабибуллина Н.В., Лазарев И.С. Сравнительный анализ тягово-скоростных характеристик пожарных автоцистерн тяжелого класса // Техносферная безопасность. 2016. № 04 (13). С.17-27.
4. Автомобили и шасси КАМАЗ. ПАО КАМАЗ, 2015. 140 с.
5. Вахламов В.К. Автомобили: эксплуатационные свойства: ученик. М.: Академия, 2012. 240 с.
6. Пожарная техника / М.Д. Безбородько и др.; под ред. М.Д. Безбородько. М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. 580 с.

References

1. Federalnyy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ (dey-stvuyushchaya redaktsiya) «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti». Gl. 17. St. 76. S. 60.
2. GOST R 53328-2009 «Tekhnika pozharnaya. Osnovnyye pozharnyye avtomobili. Obshchiye tekhnicheskkiye trebovaniya. Metody ispytaniy». M.: Standartinform. 2009. S. 7.
3. Krudyshev V.V., Balaba S.V., Khabibullina N.V., Lazarev I.S. Sravnitelnyy analiz tyagovo-skorostnykh kharakteristik pozharnykh avtotsistern tyazhelogo klassa // Te-khnosfernaya bezopasnost. 2016. № 04 (13). S.17-27.
4. Avtomobili i shassi KAMAZ. PAO KAMAZ. 2015. 140 s.
5. Vakhlamov V.K. Avtomobili: ekspluatatsionnyye svoystva: uchenik. M.: Akade-miya. 2012. 240 s.
6. Pozharnaya tekhnika / M.D. Bezborodko i dr.; pod red. M.D. Bezborodko. M. : Akademiya GPS MChS Rossii. 2015. 580 s.