ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

Москва "Машиностроение"

УЧРЕДИТЕЛИ:
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
науки и технологий РФ,
ОАО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ"

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 12 • декабрь • 2015

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.1.042.2/.3

ОПТИМИЗАЦИЯ РЫНКА ВОДИТЕЛЬСКИХ СИДЕНИЙ

Д-р техн. наук **А.Н. МАРТИ**, **С.А. МАРТИ**
НП НИИ систем управления и привода, Ставрополь (8. 8652.50-12-18)

Рассмотрены вопросы научной, конструкторской и маркетинговой оптимизации рынка водительских сидений автобусов, грузовиков, тракторной и специальной техники. Проанализированы причины стагнации НИОКР в данном сегменте рынка.

Ключевые слова: *оптимизация, рынок, сиденья, автобус, грузовой автомобиль, тракторная техника, специальная техника.*

Marti A.N., Marti S.A.
OPTIMIZATION OF THE MARKET OF DRIVER'S SEATS

Questions of scientific, design and marketing optimization of the market of driver's seats of buses, trucks, tractor and special equipment are considered. The reasons of stagnation of research and development on this segment of the market are analysed.
Keywords: *optimization, market, seats, bus, truck, tractor equipment, special equipment.*

Российский рынок водительских сидений автобусов, грузовиков, тракторов и специальной техники не оптимизирован. Имеет место "пестрое однообразие" конструкторских решений и хаос производителей. Причина не только в уровне квалификации и техническом оснащении предприятий, но и в стагнации конструкторской мысли.

На рынке производителей представлены две группы предприятий. Первая — это несколько крупных игроков (фактически европейских филиалов), производящих в России дорогие сиденья мирового уровня (рис. 1). Вторая группа — множество мелких и средних предприятий, которые производят одно и то же сиденье (рис. 2), спроектированное в середине прошлого века. Серенькое, средненькое, относительно приемлемого качества, средненькой цены. Эти предприятия и доминируют на рынке.

Производители европейских сидений из-за высокой цены своей продукции не могут вытеснить усредненного производителя, который не может предложить ничего нового автозаводам. Отсутствие качественного сиденья с низкой ценой и высокая цена европейских сидений удерживают ситуацию в равновесии. Но ситуация эта никого не устраивает.

Тем и другим мешает стагнация конструкторской мысли. Действительно, мы видим множество рекламных заявлений о революционном прорыве в конструкции и очередном нанотехнологическом достижении. На самом деле нет никакого революционного прорыва, поскольку никто из участников рынка не понимает, куда "прорываться". Отсюда — логика рекламных проспектов: "Наше сиденье лучше всех демпфирует колебания, но при этом

Рис. 1

Рис. 2

только наше сиденье в качестве дополнительной опции само заваривает кофе (делает бутерброды и т.д.)".

В основе ситуации — догмат архаичного образа водительского сиденья. Образ характеризуется затасканной фразой: "сиденье водителя должно демпфировать колебания". Анализ конструкций доказывает **непонимание изменившейся целевой функции** проектирования таких сидений. Причем это касается не только усредненного производителя с нулевым бюджетом научных исследований. Тот же концерн "Граммер" не сможет отказаться от догмы демпфирования колебаний. Рассмотрим исток всеобщего стремления к демпфированию колебаний.

В начале прошлого века была сформулирована исходная посылка. Дорога — это случайная последовательность случайных неровностей. Движение по неровной дороге является источником случайных колебаний неподрессоренных масс автомобиля. Система подвески автомобиля закономерным образом демпфирует колебания подрессоренных масс автомобиля. В результате амплитуда колебаний кузова автомобиля уменьшается, но остается неприемлемо высокой для водителя. Сиденье водителя необходимо оснастить механизмом подрессоривания, призванным снизить амплитуду колебаний до приемлемого уровня. Давно нет тех грунтовых дорог с метровыми ямами, примитивных подвесок и колес с деревянными спицами. От исходной посылки осталась только архаичная целевая функция.

Какие колебания должен демпфировать механизм подрессоривания водительского сиденья? Мы видим три колебания: неподрессоренных масс автомобиля, его подрессоренных масс и колебание водителя на водительском сиденьи. Источник первых двух колебаний известен, это, как говорилось выше, случайный профиль дороги. Возникает вопрос, где же источник колебаний водителя? Поиск ответа на этот вопрос приводит к неожиданному выводу. Источник колебаний водителя — само водительское сиденье.

Действительно, все водительские сиденья представляют собой колебательную систему. Она преобразует случайные колебания в низкочастотное колебание со значительной амплитудой. Работа таких сидений всем хорошо известна: водитель плавно "колышется" относительно органов управления автомобилем. То есть сформирована примитивная система ценностей: водитель "колышется" — это хорошо, а "трясется"— это плохо.

Давно утратившая актуальность целевая функция проектирования породила неправильную постановку задачи, блестящее решение которой обусловило нерешаемую проблему водительских сидений. Сегодня задача водительского сиденья **не демпфировать колебания** водителя, а **стабилизировать положение водителя** относительно рабочей зоны управления автомобилем. Слова "демпфировать" и "стабилизировать" — разные и означают они разные физические процессы. Материальная реализация этих процессов различна.

Приведем характерный пример. Стабилизация орудия танка не является демпфированием колебаний. Стабилизация орудия — это сохранение положения орудия относительно цели, находящейся вне танка. При этом в системе "орудие—цель" не должно быть колебаний. Совсем. Аналогично и водительское сиденье должно стабилизировать положение водителя относительно рабочей зоны управления автомобилем.

Изменив целевую функцию, мы приходим к правильной постановке задачи: "*сиденье водителя должно стабилизировать положение водителя относительно рабочей зоны управления автомобилем*". Это означает, что организм водителя не должен испытывать динамических нагрузок. Стабилизация положения — отсутствие колебаний.

Такая постановка задачи позволит, преодолев стагнацию конструкторской мысли, сделать качественный скачок и приведет к радикальным переменам на рынке водительских сидений, позволив отечественным производителям предложить по доступной цене изделие нового поколения.

ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ РОССИИ ЗА 9 МЕС. 2015 г.

(по информации ОАО "АСМ-холдинг")

Предприятие-изготовитель	Сентябрь 2015 г.	Сентябрь 2014 г.	Прирост, %	Январь — сентябрь 2015 г.	Январь — сентябрь 2014 г.	Прирост, %
ГРУЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ						
Группа "ГАЗ"						
АЗ "ГАЗ"	5 381	5 965	−8,8	43 046	50 674	−15,1
АЗ "Урал"	686	694	−1,2	5 313	5 199	+2,2
* Саранский завод автосамосвалов	59	79	−25,3	1 033	1 021	+1,2
Группа "КамАЗ"						
КамАЗ	3 088	3 292	−6,2	17 358	28 682	−39,5
НефАЗ						
* *Автосамосвалы*	5	—	—	7	—	—
** *Самосвальные установки*	545	871	−37,4	3 572	7 036	−49,2
"Мерседес-Бенц Тракс Восток" (Набережные Челны)	132	136	−2,9	504	1 025	−50,8
"Фузо КамАЗ Тракс Рус" (Набережные Челны)	—	137	—	451	1 059	−57,4
Группа "Соллерс"						
УАЗ	1 705	1 564	+9,0	13 305	11 812	+12,6
"Соллерс-Исузу" (Ульяновск)	252	180	+40,0	1 746	1 780	−1,9
"Форд Соллерс Елабуга"	389	429	−9,3	1 930	3 687	−47,7
"Бау-Рус Мотор Корпорэйшн" (Ульяновск)	16	2	+700,0	110	2	+5 400,0
БАЗ	19	15	+26,7	131	129	+1,6
ГК "Автотор"	1	44	−97,7	48	2 353	−98,0
"Вольво Восток" (Калуга)	—	182	—	185	1 248	−85,2
МЗ "Тонар" (Московская обл.)	—	—	—	8	16	−50,0
"ИВЕКО-АМТ"	18	70	−74,3	203	523	−61,2
"ПСА ВИС-авто" (Самарская обл.)	152	184	−17,4	921	1 382	−33,4
"Скания-Питер"	17	67	−74,6	179	469	−61,8
"МАН Трак Энд Бас Продакшн Рус" (Санкт-Петербург)	48	—	—	295	335	−11,9
"Катерпиллар Тосно" (Ленинградская обл.)	1	2	−50,0	7	18	−61,1
* Другие предприятия Санкт-Петербурга	1	—	—	19	46	−58,7
"Комацу Мэнуфэкчуринг Рус" (Ярославская обл.)	1	1	0,0	6	13	−53,8
НПК "Уралвагонзавод"	—	—	—	5	10	−50,0
* "Бецема"	1	36	−97,2	86	376	−77,1
* Великолукский завод "Лесхозмаш"	—	—	—	1	—	—
* Филиал "Машзавод" (Тверская обл.)	—	1	—	1	21	−95,2
* "Пермский завод грузовой техники"	—	4	—	—	12	—
* ЗТО "Камея" (Нижегородская обл.)	125	108	+15,7	753	1 140	−33,9
* "Спектр Авто" (Нижний Новгород)	71	130	−45,4	589	1 062	−44,5
* "Чайка-НН"	41	23	+78,3	330	305	+8,2
* РИАТ	20	57	−64,9	309	416	−25,7
Другие предприятия Татарстана (*самосвалы*)	20	13	+53,8	105	105	0,0
* АПХ "Штурман КРЕДО +" (Татарстан)	—	—	—	3	109	−97,2
ЛЕГКОВЫЕ АВТОМОБИЛИ						
Группа "АвтоВАЗ"						
ВАЗ	29 655	32 707	−9,3	278 457	318 156	−12,5
ОАГ (Ижевск)	3 380	8 303	−59,3	57 824	46 399	+24,6
"Лада Спорт" (Тольятти)	388	174	+123,0	2 163	1 481	+46,0
"ПСА ВИС-авто" (Самарская обл.)	266	81	+228,4	2 298	172	+1236,0
"Супер-Авто" (Самарская обл.)	41	44	−6,8	452	560	−29,3
"GM-АвтоВАЗ"	3 036	5 500	−44,8	26 442	34 728	−23,9
ГК "Автотор"	6 742	11 640	−42,1	66 619	153 517	−56,6
"Рено Россия" ("Автофрамос")	15 576	17 638	−11,7	99 352	158 422	−37,3
ИМС (Московская обл.)	—	1 134	—	—	12 890	—
АЗ "ГАЗ"	4 181	3 249	+28,7	34 391	58 630	−41,3

Предприятие-изготовитель	Сентябрь 2015 г.	Сентябрь 2014 г.	Прирост, %	Январь — сентябрь 2015 г.	Январь — сентябрь 2014 г.	Прирост, %
Группа "Соллерс"						
УАЗ	3 017	2 581	+16,9	18 773	17 973	−95,5
"Форд Соллерс Елабуга" (Татарстан)	665	1 901	−65,0	7 700	15 451	−50,2
"Соллерс-Набережные Челны"	1 647	393	+319,1	8 037	600	+1439,5
Предприятия Приморского края, в том числе:	2 129	5 706	−62,7	26 599	51 617	−48,5
"Соллерс-Буссан"	—	1 203	—	6 629	10 320	−35,8
"Мазда Соллерс Мануфэкчуринг Рус"	2 129	4 503	−52,7	19 970	41 297	−51,6
"ТагАЗ Интернэшнл"	—	—	—	—	58	—
АК "Дервейс"	1 083	1 792	−39,6	11 500	22 064	−47,9
ГУП "ЧеченАвто"	300	—	—	1 943	82	+2 269,5
"Форд Мотор Компани" (Всеволожск)	2 184	3 172	−31,1	11 371	22 878	−50,3
Предприятия Санкт-Петербурга ("Дженерал Моторз Авто", Филиал "Тойота Мотор", "Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус", "Ниссан Мэнуфэкчуринг Рус")	27 802	29 517	−5,8	222 893	271 356	−17,9
"Фольксваген Груп Рус" (Калуга)	10 047	8 036	+25,0	71 316	92 020	−22,5
"ПСМА Рус" (Калуга)	2 720	3 970	−31,5	19 617	34 695	−43,5
АВТОБУСЫ						
Группа "КамАЗ"						
НефАЗ, в том числе:	17	29	−41,4	393	428	−8,2
* *Вахтовые автобусы*	2	—	—	21	—	—
"КамАЗ-Марко" (Нефтекамск)	—	13	—	54	50	+8,0
Группа "ГАЗ"						
АЗ "ГАЗ"	918	1 061	−13,5	6 091	6 700	−9,1
АЗ "Урал"	39	24	+62,5	200	188	+6,4
Компания "Русские Автобусы-Группа ГАЗ"	673	823	−18,2	5 193	5 702	−8,9
ПАЗ	522	647	−19,3	4 308	4 507	−4,4
ЛиАЗ	101	127	−20,5	647	904	−28,4
КАвЗ	50	49	+2,0	238	291	−18,2
"Тулабус"	2	1	+100,0	11	16	−31,2
УАЗ	952	1 011	−5,8	7 035	5 886	+19,5
"Форд Соллерс Елабуга"	6	—	—	30	15	+100,0
"Спецтранс"	—	—	—	—	15	−100
"Бау-Рус Мотор Корпорэйшн" (Ульяновск)				2	3	−33,3
"Автодом" (Ульяновск)	17	—	—	90	—	—
"Волгобас"	—	312	—	277	567	−51,1
"СТ Нижегородец"	189	372	−49,2	2 297	4 548	-49,5
ПКФ "Луидор"	524	637	−17,7	3 927	5 214	−24,7
"Промтех" (Нижегородская обл.)	36	114	−68,4	330	1 274	−74,1
ПКСТ "Артан" (Нижегородская обл.)	2	—	—	38	48	—20,8
ГК "Ирито"	—	4	—	52	748	−93,0
ТРОЛЛЕЙБУСЫ						
"Тролза"	2	2	0,0	38	79	−51,9
"Транс Альфа Электро"	1	1	0,0	7	30	−76,7

Примечания:
* — на шасси других отечественных изготовителей;
** — надстройки.

Всего по отрасли	Сентябрь 2015 г.	Сентябрь 2014 г.	Прирост, %	Январь — сентябрь 2015 г.	Январь — сентябрь 2014 г.	Прирост, %
Грузовые автомобили (включая шасси)	11 926	12 977	−8,1	85 856	110 521	−22,3
в том числе зарубежных моделей	875	1 250	−30,0	5 664	12 512	−54,7
Специализированные автомобили на шасси отечественных изготовителей	323	438	−26,3	3 131	4 508	−30,5
Легковые автомобили	107 150	129 606	−17,3	919 336	1 281 757	−28,3
в том числе зарубежных моделей	80 118	100 198	−20,0	656 803	969 766	−32,3
Автобусы	3 375	4 401	−23,3	26 020	31 402	−17,1
в том числе зарубежных моделей	657	895	−26,6	5 833	9 782	−40,4
Троллейбусы	3	3	0,0	45	109	−58,7

УДК 629.113

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАСС ПО ОСЯМ ДВУХОСНОГО АВТОМОБИЛЯ

Д-р техн. наук **Г.И. МАМИТИ**, канд. техн. наук **С.Х. ПЛИЕВ**, **В.Г. ВАСИЛЬЕВ**
Горский ГАУ (8672.53-28-84)

Расчетные исследования на основе полученных функциональных зависимостей между всеми значимыми параметрами двухосных автомобилей и опорной поверхности, влияющими на их профильную проходимость, позволили выявить оптимальное распределение масс по осям автомобилей, обеспечивающее максимально возможные силы тяги на ведущих колесах и тем самым их проходимость.

Ключевые слова: *оптимальное распределение масс, двухосный автомобиль, максимально возможные силы тяги, ведущие колеса, профильная проходимость.*

Mamity G.I., Pliev S.Kh., Vasiliev V.G.
OPTIMUM DISTRIBUTION OF MASSES ON AXES OF THE TWO-AXIS CAR

Calculations on the basis of the functional relationships between all the relevant parameters of two-axle vehicles and the supporting surface, affecting their profile permeability, revealed optimal mass distribution along the axes of vehicles to ensure the maximum possible traction on the drive wheels and thus their permeability.

Keywords: *optimum mass distribution; two-axle vehicles; the maximum possible traction; drive wheels; permeability profile.*

Чем большая масса приходится на ведущие колеса, тем, очевидно, большую силу тяги можно реализовать в контакте колес с опорной поверхностью. Вместе с тем существуют ограничения по опрокидыванию при разгоне и торможении колесной машины, особенно короткобазной [1]. Вопрос об оптимальном распределении масс (развесовке) по осям представляет наибольший интерес с точки зрения полноприводного автомобиля.

Анализ опубликованных работ, касающихся профильной проходимости полноприводных автомобилей, конкретно — проблем преодоления вертикальных препятствий, показал, что само собой разумеющимся считается равное распределение масс по осям [2, 3], т. е. $G_1/G_2 = 1$, где G_1 и G_2 — массы, приходящиеся соответственно на переднюю и заднюю оси автомобиля. Между тем это не самое лучшее решение, которое было выбрано интуитивно.

Само понятие "оптимальное распределение масс по осям автомобиля" возникло в процессе изучения параметров колесных машин (автомобиля, трактора и др.), влияющих на их профильную проходимость, в частности, при преодолении вертикальных препятствий [4...6]. Оказалось, что максимальная сила тяги на ведущих колесах и тем самым проходимость по вертикальным препятствиям (стенка, бордюр, эскарп и др.) зависит от таких параметров автомобиля и дорожных условий, как развесовка (G_1/G_2); коэффициенты сцепления задних шин с дорогой (φ_x) и с гранью препятствия (φ_A); коэффициенты сопротивления качению задних колес (f_x) по плоской поверхности и передних колес (f_A) по грани препятствия; радиус качения колес (r) и его деформация (Δ) на грани порога; привод к ведущим колесам.

Ниже, в отличие от работы [5], в которой не учтен коэффициент f_A, приведены полученные функциональные зависимости максимальных высот вертикальных препятствий (h), преодолеваемых полноприводным (4×4), переднеприводным (4×2п) и заднеприводным (4×2з) автомобилями (рис. 1), от всех значимых параметров автомобиля и опорной поверхности под передними и задними колесами:

$$h = r - (r - \Delta)\cos\alpha, \qquad (1)$$

где угол α равен для автомобиля:

— полноприводного (4×4)

$$\alpha = \mathrm{arctg}\frac{(\varphi_A - f_A)G_1/G_2 + (\varphi_x - f_x)}{G_1/G_2 - (\varphi_A - f_A)(\varphi_x - f_x)}; \qquad (2)$$

— переднеприводного (4×2п)

$$\alpha = \mathrm{arctg}\frac{(\varphi_A - f_A)G_1/G_2 - f_x}{G_1/G_2 + (\varphi_A - f_A)f_x}; \qquad (3)$$

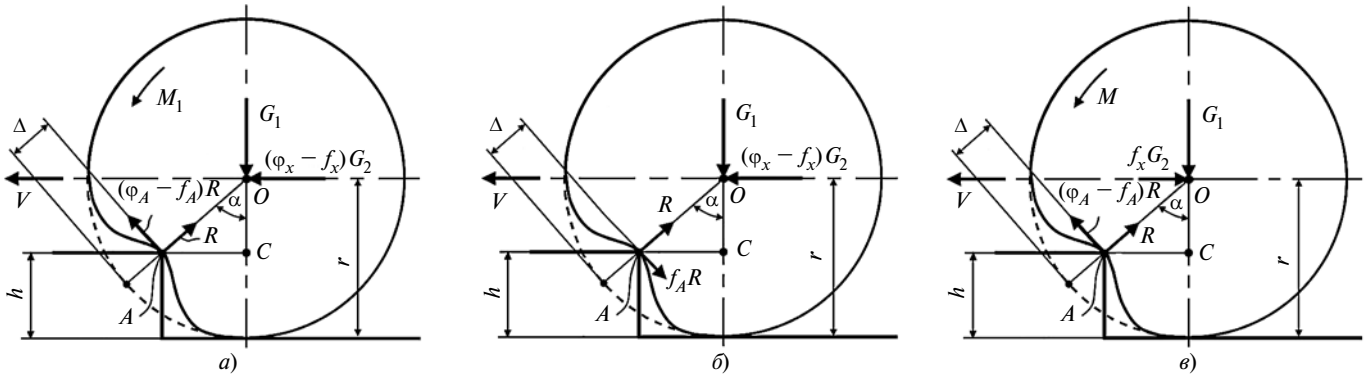

Рис. 1. Силы, действующие на передние колеса полноприводного (а), заднеприводного (б) и переднеприводного (в) автомобилей

Дорожное покрытие под задними колесами	φ_A	f_A	φ_x	f_x	r	Δ/r	Высота h преодолеваемого автомобилем бордюра, м					
							4×4		4×2п		4×2з	
							$f \neq 0$	$f = 0$	$f \neq 0$	$f = 0$	$f \neq 0$	$f = 0$
Бетон	0,9	0,02	0,80	0,014	0,37	0,1	0,31	0,32	0,12	0,12	0,11	0,11
Грунт	0,9	0,02	0,68	0,08	0,37	0,1	0,27	0,29	0,10	0,12	0,08	0,09
Песок	0,9	0,02	0,30	0,29	0,37	0,1	0,12	0,20	0,07	0,12	0,04	0,05

— заднеприводного (4×2з)

$$\alpha = \mathrm{arctg}(\varphi_x - f_x)G_2/G_1. \quad (4)$$

Главная ценность выражений 2...4 заключается не в том, что при их помощи можно определить максимальные высоты h преодолеваемых разноприводными автомобилями препятствий, а в том, что по максимальной высоте препятствия можно судить о максимально возможной силе тяги на ведущих колесах и, следовательно, о развесовке, при которой она создается. А это дает возможность использовать эти выражения на стадии проектирования специальных автомобилей для конкретных условий эксплуатации, чтобы придать им потенциально максимально возможные тяговые свойства путем оптимальной развесовки.

Кроме отмеченного, приведённые выше функциональные зависимости позволяют выявить степень влияния тех или иных параметров автомобиля и опорной поверхности на конечный результат — высоту преодолеваемого препятствия и тем самым максимальную силу тяги, которая развивается на ведущих колесах автомобиля при оптимальной развесовке (распределении масс по осям). К примеру, можно проследить, как влияет радиальная деформация шин передних колес на грани препятствия на преодолеваемость вертикальных стенок (рис. 2).

Некоторые авторы [7 и др.] считают сопротивление качению передних и задних колес пренебрежимо малым и его не учитывают. Конечно, это мнение глубоко ошибочно, особенно касательно полноприводного автомобиля, специально предназначенного для эксплуатации во внедорожных условиях, не говоря о сельскохозяйственных колесных тракторах. Да, собственно, и

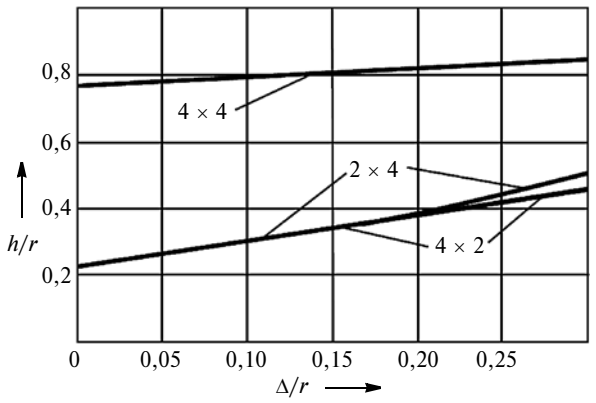

Рис. 2. Влияние радиальной деформации шины (Δ/r) на грани препятствия на высоту (h/Δ) преодолеваемого вертикального препятствия разноприводными (4×4, 4×2п, 4×2з) автомобилями при: $\varphi_A = \varphi_x = 0{,}8$; $f_A = f_x = 0{,}014$; $G_1/G_2 = 1$

других автомобилей, хотя бы для оценки возможностей их использования в тяжелых дорожных условиях. Чтобы не быть голословными, покажем на числовом примере влияние сопротивления качению на проходимость автомобиля по бордюрам. Пусть автомобиль наезжает передними колесами на бетонный бордюр, имея под задними колесами бетон, грунт и песок соответственно.

Примем $G_1/G_2 = 1$, чтобы исключить влияние развесовки на проходимость. Будем считать, что коэффициенты φ_A и f_A несколько больше, чем на плоской поверхности φ_x и f_x, учитывая, что эластичные шины передних колес, входящие в зацепление с гранью бордюра, больше деформируются, вызывая бóльшие потери на преодоление сопротивления качению. Результаты расчетов приведены в таблице.

Данные таблицы показывают, что неучет коэффициентов f_A и f_x сопротивления качению может привести (в зависимости от дорожного покрытия) почти к двукратной ошибке при определении максимальной высоты преодолеваемого порога полноприводным и переднеприводным автомобилями.

Исследования, выполненные с использованием функциональных зависимостей 1...4 с варьированием развесовки G_1/G_2, радиального прогиба Δ/r, коэффициентов сцепления φ_A и φ_x с опорными поверхностями, коэффициентов сопротивления качению f_A и f_x дали следующие результаты. Для задне- и переднеприводного автомобилей, независимо от всех значимых параметров АТС и опорной поверхности, оптимальной развесовкой (G_1/G_2) следует считать ту, при которой центр масс находится наиболее близко к ведущей оси, но не ближе расстояния, найденного из условия недопущения опрокидывания при разгоне и торможении, т.е. по формуле $a = b = \varphi_x h$, где a, b — расстояния от центра масс до передней и задней осей автомобиля; φ_x — коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью; h — высота центра масс автомобиля [8]. Принимая $\varphi_x = 1$, получим $a = b = h$. Оптимальной развесовкой полноприводного автомобиля в хороших условиях эксплуатации следует считать $G_1/G_2 = 0{,}40/0{,}60$ (при $\varphi_A = 0{,}8$, $\varphi_x = 0{,}8$) и $G_1/G_2 = 0{,}45/0{,}55$ (при $\varphi_A = 1$, $\varphi_x = 0{,}8$). Если соотнести друг к другу максимальные высоты преодолеваемых препятствий, то полноприводной автомобиль преодолевает в 1,7 раза большую высоту, чем заднеприводной, и в 3,4 раза большую, чем переднеприводной.

Таким образом, оптимальной развесовкой полноприводного автомобиля, при которой развивается максимально возможная сила тяги на ведущих колесах, является $G_1/G_2 = (0{,}40...0{,}45)/(0{,}60...0{,}55)$. Оптималь-

ная развесовка переднеприводного автомобиля — та, при которой центр масс находится на расстоянии $a = h$ от передней оси, а заднеприводного — при расположении центра масс на расстоянии $b = h$ от задней оси.

Литература

1. Мамити Г.И. Теория движения двухосной колесной машины. Механика эластичного колеса. Тяговая и тормозная динамика. Тяговый расчет. Моделирование процесса торможения. Топливная экономичность, маневренность, проходимость и плавность хода: учебник для вузов / Г.И. Мамити. — Владикавказ: Изд-во ФГБОУ ВПО "Горский госагроуниверситет", 2012. — 216 с.
2. Антонов А.С. Армейские автомобили. Теория / А.С. Антонов, Ю.А. Кононович, Е.И. Магидович и др. — М.: Воениздат, 1970. — 527 с.
3. Ларин В.В. Теория движения полноприводных колесных машин / В.В. Ларин. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 391 с.
4. Мамити Г.И. Проходимость колесной машины: монография / Г.И. Мамити, С.Х. Плиев. — Владикавказ: ООО НПКП "Мавр", 2013. — 136 с.
5. Мамити Г.И. Преодоление вертикальных препятствий колесными машинами / Г.И. Мамити, С.Х. Плиев, Э.К. Гутиев, В.Г. Васильев // Известия ФГБОУ ВПО "Горский ГАУ": научно-теоретический журнал. Т. 50, ч. 2. — Владикавказ, 2013. — С. 180...183.
6. Мамити Г.И. О высоте вертикального препятствия, преодолеваемого полноприводным автомобилем / Г.И. Мамити, С.Х. Плиев, Э.К. Гутиев, В.Г. Васильев // Автомобильная промышленность. — 2014. — № 1. — С. 17...18.
7. Литвинов А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
8. Мамити Г.И. Теория движения двухосной колесной машины. Управляемость и устойчивость: учебник для вузов / Г.И. Мамити. — Владикавказ: Изд-во ФГБОУ ВПО "Горский госагроуниверситет", 2012. — 168 с.

УДК 621.3.032.434

СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОР И КИСЛОРОД — ИНСТРУМЕНТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ОСОБО КОМПАКТНЫХ ГОРОДСКИХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

А.М. ПЕЧЕНЕВ

ОАО "Минский завод колёсных тягачей" (+ 375.44. 557-02-20)

Рассматриваются два способа повышения мощности и топливной экономичности автомобильных ДВС — замена стартера и генератора одним стартер-генератором.

Ключевые слова: *электростартер, электрогенератор, мощность, топливная экономичность ДВС.*

Pechenev A.M.

STARTER-GENERATOR AND OXYGEN ARE THE TOOLS FOR UPDATING THE ENGINES OF ESPECIALLY COMPACT CITY CARS

Two ways of increasing power and fuel efficiency of automobile internal combustion engines — replacement of starter and generator by one starter-generator are regarded.

Keywords: *electric starter, electric generator, power, fuel efficiency of internal combustion engine.*

В предыдущей статье ("АП", 2015, № 11) автор предложил новую концепцию совершенствования трёхцилиндровых рядных двигателей, предназначенных для особо компактных городских легковых автомобилей — концепцию усовершенствования, основанную на использовании энергии отработавших газов и теплоты, накопленной в системе их охлаждения. Однако теория и практика (в частности, практика авиационного двигателестроения) подсказывают, что есть и ещё два направления такой работы, которые должны представлять интерес как для разработчиков автомобильных ДВС, так и для их производителей; замена электростартера и электрогенератора одним агрегатом — стартер-генератором и обогащение воздуха, подаваемого в ДВС, кислородом. Рассмотрим эти направления.

Концепция применения современного стартер-генератора. Стартер-генератор, которым можно заменить серийные стартер и генератор и тем самым существенно снизить массу автомобиля, а также улучшить компоновочные возможности его моторного отсека, должен представлять собой синхронную электромашину с безобмоточным и бесщеточным когтевым ротором. Дело в том, что такая машина в 1970—1980-х годах была разработана Новосибирским НИИ комплектного электропривода (НИИКЭ) и Новосибирским электротехническим институтом (НЭТИ) при создании электротрансмиссий для привода колес многоосных шасси Минского завода колесных тягачей. И блестяще оправдала себя в эксплуатации.

Ротор *1* (рис. 1) этой машины — с разомкнутыми "когтями" и залитым немагнитным металлом межкогтевым пространством одновременно будет исполнять и роль маховика двигателя. Статор *6* выполнен из шихтованной электротехнической стали и вставляется в картер маховика. На нём размещаются силовая (*2*) и кольцевая (*5*) обмотки возбуждения, датчик *11* углового положения ротора, формирующий сигнал об изменении угла между вращающимися осями магнитных полей статора и ротора. При постоянных входных параметрах (ток и его частота) синхронного электродвигателя этот угол зависит от величины крутящего момента на валу ротора.

Пуск двигателя с таким стартер-генератором осуществляется от аккумуляторной батареи через силовой электронный блок *17*. Он включает в себя соединенные между собой проводами инвентор *16*, преобразователь частоты *15*, токовый трансформатор *13* и выпрямитель *9*. При этом постоянный ток от батареи поступает в инвентор *16* этого блока, где и преобразуется в трехфазный ток постоянной частоты. Затем он на основании сигналов датчика углового положения ротора преобразуется в преобразователе *15* частоты в трехфазный ток изменяемой частоты, необходимый для вращения ротора-маховика двигателя. Обмотка возбуждения питается от выпрямителя *9*, куда трехфазный ток поступает от токового трансформатора *13*, чьи первичные обмотки последовательно соединены с силовыми обмотками стартер-генератора. Такое соединение обеспечивает пропорциональное изменение тока силовых обмоток и обмотки возбуждения.

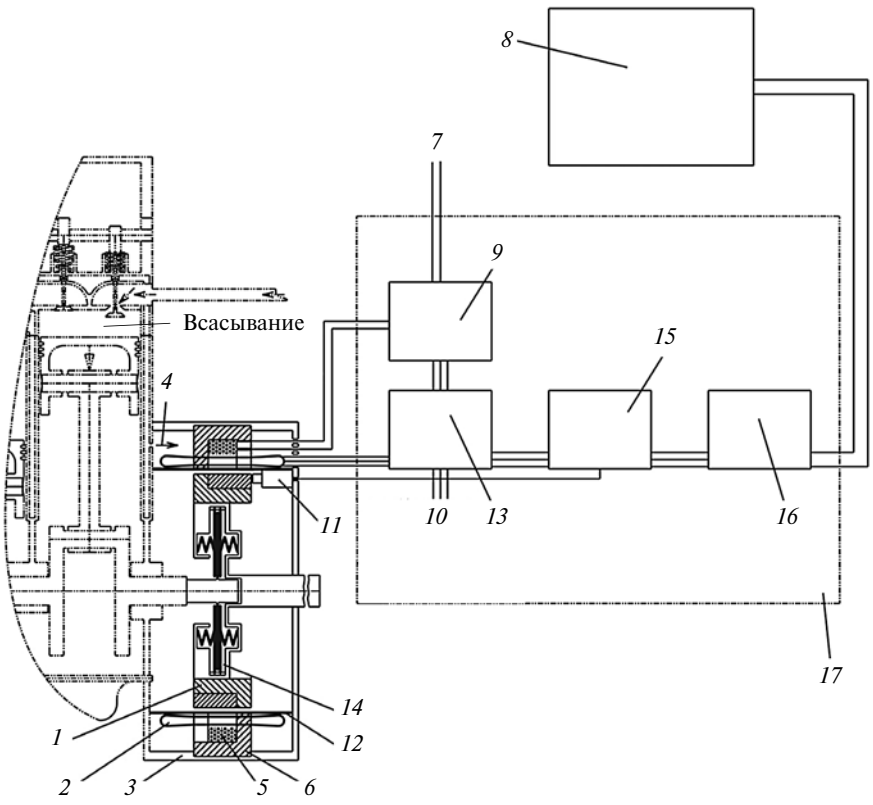

Рис. 1. Схема стартер-генератора:

1 — ротор; *2* — силовая обмотка; *3* — картер маховика; *4* — вход охлаждающей жидкости в полость обмоток статора; *5* — кольцевая обмотка возбуждения; *6* — статор; *7* — линия подачи постоянного тока потребителям; *8* — аккумуляторная батарея; *9* — выпрямитель переменного тока; *10* — линия передачи переменного тока потребителям; *11* — датчик углового положения ротора; *12* — разделительный углепластиковый цилиндр; *13* — токовый трансформатор; *14* — фрикцион; *15* — преобразователь частоты; *16* — инвертор; *17* — силовой электронный блок

После пуска двигателя синхронная электромашина от режима "стартер" переходит в режим "генератор", вырабатывая достаточно большой трехфазный переменный ток, частота которого зависит от числа пар полюсов и скорости вращения коленчатого вала двигателя.

Силовые обмотки и обмотки возбуждения стартер-генератора охлаждаются жидкостью, поступающей из системы охлаждения двигателя. Их герметизация от полости ротора обеспечивается с помощью разделительного углепластикового тонкостенного цилиндра *12*, расположенного в воздушном зазоре между статором *6* и ротором *1*.

Стартер-генератор — устройство новое. Это не просто обратимая электрическая машина, а машина, которая должна иметь небольшие габаритные размеры, потребляя и развивая довольно высокие мощности. Поэтому есть смысл рассмотреть особенности его расчета.

Так, если взять двигатель 08 SOHC автомобиля "Матис", то при максимальной скорости вращения его коленчатого вала 6000 мин$^{-1}$ частота трехфазного тока в режиме генератора должна быть равной 400 Гц. Чтобы её получить, стартер-генератор должен иметь четыре пары полюсов. Для пуска ДВС его коленчатый вал должен разгоняться до скорости 300 мин$^{-1}$. При этом мощность, необходимая для такого разгона, составляет 0,8 кВт, а частота тока должна изменяться от 0 до 20 Гц. В связи с этим выходная частота трехфазного инвертора, питающего преобразователь частоты, должна быть как минимум в 3 раза выше максимальной частоты питания стартер-генератора (по результатам работ НИИКЭ), т.е. более 60 Гц. Наконец, приходится учитывать и то, что скорость вращения ротора в режиме "генератор" в 20 раз выше скорости в режиме "стартер", а развиваемая при 6000 мин$^{-1}$ мощность теоретически может достигать 16 кВт.

Трехфазный ток, в принципе, может непосредственно питать асинхронные электродвигатели приводов самого двигателя и агрегаты обслуживающих его систем. Но его можно преобразовать и в постоянный, необходимый для подзарядки аккумуляторной батареи и питать некоторые приборы, установленные на автомобиле.

Схемы стартер-генераторов для автомобильных ДВС различной мощности разрабатывать заново не придётся: в России они есть. Например, ещё в конце 1980-х годов НИИКЭ разработал схему и предложил создать на её основе стартер-генератор и систему его управления для дизелей ЯМЗ. Правда, начавшаяся перестройка прекратила работы, но заделы-то остались. Поэтому проблема состоит лишь в том, чтобы возобновить эти работы, в том числе и в отношении стартер-генераторов большой мощности, предназначенных для ДВС особо компактных городских легковых автомобилей. Более того, это выгодно: стартер-генератор существенно упростит электрооборудование такого (и не только) автомобиля. Например, из его состава исчезнут генератор с его приводом и стартер с системами ввода в зацепление приводной шестерни и связанные с ними потери мощности в приводах, станет ненужным вентилятор воздушного охлаждения генератора, так как жидкостное охлаждение обмоток статора исключит необходимость их обдува воздухом, следовательно, возможность попадания дорожной пыли и абразивного разрушения изоляции проводов обмоток; увеличится безопасная глубина брода, преодолеваемого автомобилем; генераторный режим с трехфазным током мощностью до 16 кВт при частоте до 400 Гц позволит выполнить асинхронными электродвигателями с различным числом пар полюсов все основные приводы ДВС, т.е. перевести на стартер-генераторы любые двигатели. Очень важно и то, что стартер-генератор можно, при необходимости, использовать в качестве временного стационарного источника электроэнергии для бытовых нужд

(электросварки, освещения, питания электроинструментов и др.).

Наиболее рациональным вариантом соединения статер-генератора с коленчатым валом ДВС является соединение через фрикционную муфту (поз. *14* на рис. 1). Такой вариант позволяет осуществлять холодный пуск двигателя при относительно разряженной аккумуляторной батареи, раскрутив с её помощью отключенный от коленчатого вала маховик, а затем подключить его; выехать на автомобиле из опасной зоны (пожар, затопление) при заглохшем двигателе; более эффективно использовать электродинамическое торможение со "сбросом" тормозной энергии в аккумуляторную батарею, отключив коленчатый вал и включив более низкую передачу в коробке передач, чем допускает скорость вращения коленчатого вала двигателя при движении на затяжных спусках; обеспечить прерывистое движение в автомобильных "пробках", периодически включая стартер-генератор на привод колес при отключенном и остановленном ДВС (особо привлекательным будет такое включение силовых электрических цепей без использования "клацающих" механических контактов, т.е. электронное тиристорное, разработанное НИИКЭ). При целенаправленном уменьшении мощности ДВС с одновременным увеличением мощности стартер-генератора и силового электронного блока, а также емкости аккумуляторной батареи можно получить гибридный (моторно-электрический) автомобиль.

Что же касается второго направления, *использования добавления кислорода в топливовоздушную смесь*, то об этом можно сказать следующее.

Поступающий в двигатель воздух на 78 % состоит из не нужного для горения топлива азота, а кислорода, без которого горение невозможно, в нем не более 21 %. Чтобы увеличить его количество в единице объёма, приходится воздух сжимать с помощью турбокомпрессора и охлаждать в радиаторе. Но на это затрачивается значительная доля мощности двигателя, что снижает общий КПД силовой установки, а процентное соотношение азота и кислорода остается прежним.

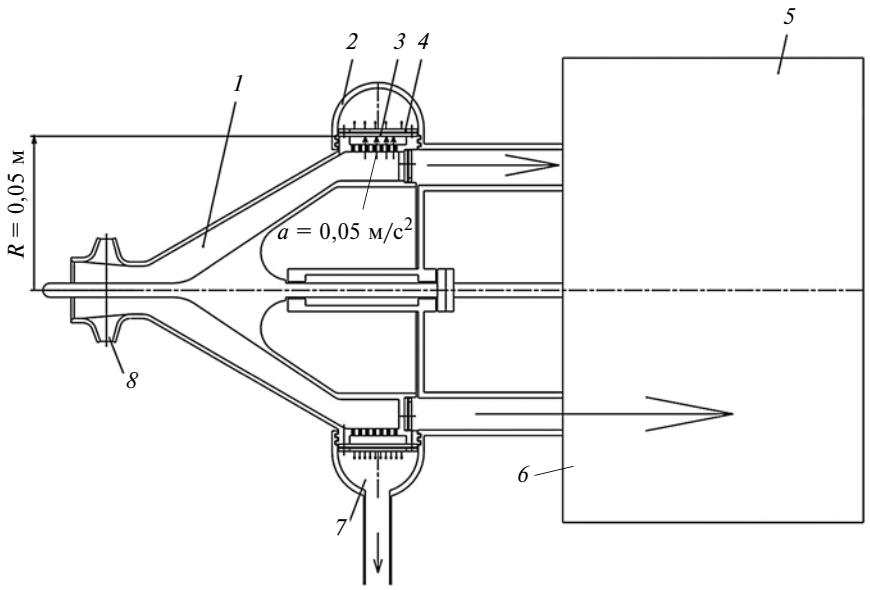

Рис. 2. Схема сепаратора кислорода:

1 — ротор; *2* — корпус; *3* — разделительная оболочка; *4* — цилиндрическая решетка, удерживающая разделительную оболочку; *5* — приводной электродвигатель; *6* — воздух с азотом, направляемые на охлаждение электродвигателя; *7* — ступень разделения воздуха с азотом; *8* — ступень очистки воздуха от пыли и влаги (входной фильтр)

Однако выход из сложившегося положения есть. Он в послойном центробежном разделении компонентов воздуха, имеющих неодинаковую плотность. Тем более, что опыт такого разделения накоплен огромный: именно в центрифугах разделяют разогретые до газообразного состояния уран 235 и 238, разность плотностей которых не превышает 1,3 %. Причём в случае воздуха технологию разделения азота и кислорода создать проще: во-первых, и тот и другой — готовые газы, во-вторых, их плотности отличаются на 12,5 %.

Для реализации этого процесса, естественно, нужен специальный центробежный сепаратор. Но это не проблема, поскольку изготовить такой сепаратор довольно просто, так как он имеет несложную схему (рис. 2). Он состоит из входного фильтра *8*, способного задерживать твёрдые частицы и влагу, ротора *1*, приводимого от асинхронного двигателя с одной парой полюсов и вращающегося с частотой до 23 000 мин$^{-1}$ (400 Гц, $K_{скольж} = 0{,}96$), благодаря чему частицы воздуха приобретают (при диаметре ротора, равном 100 мм) значительные, 290 057 м/с^2 (29 567g) ускорения. Под его воздействием воздух расслаивается в соответствии с плотностью его компонентов: на периферии ротора оказываются частицы пыли (песок), плотность которых равна 1,5 г/см^3, вода — 1 г/см^3, затем идёт углекислый газ (0,001977 г/см^3), кислород (0,001429 г/см^3), азот (0,001251 г/см^3), водяной пар (0,000484 г/см^3).

Однако можно применить и сепаратор с роторами, имеющими два цилиндрических участка разных диаметров. На первом из них, имеющем небольшой диаметр, от воздуха будут отделяться тяжелые его компоненты (пыль, вода и углекислый газ), а на втором, имеющем больший диаметр, — разделятся азот и кислород. При этом слой кислорода, имеющего более высокую плотность, располагается на внутренней цилиндрической оболочке *3* ротора, а азот — ближе к его оси.

В данном процессе очень важную роль играет именно цилиндрическая разделительная оболочка (мембрана) *3*. Она должна быть выполнена из материала, обеспечивающего сохранение слоя кислорода и его "просачивание" в количестве, достаточном для сгорания топлива в цилиндрах ДВС.

Более легкий азот в смеси с оставшимся водяным паром, естест-

венно, на эту оболочку не попадает: проходя через торцевые оболочки ротора, он уходит в атмосферу или (лучше) используется для охлаждения обмоток приводного электродвигателя.

Что даёт применение сепаратора кислорода? Многое. Во-первых, увеличивает КПД, т.е. экономичность рабочего процесса, поскольку исключает необходимость прокачки значительного объема не нужного для горения и даже вредного газа азота через системы ДВС; во-вторых, делает отработавшие газы более безвредными, так как в них нет оксидов азота; в-третьих, он снижает массогабаритные параметры ДВС, так как в камере сгорания одного и того же объёма может сгореть больше (теоретически в 4,7 раза) топлива; в-четвёртых, для двигателя, оснащенного центробежным сепаратором, не нужен турбокомпрессор; в-пятых, внутренний диаметр трубопроводов, подводящих кислород к ДВС, может быть вдвое меньше диаметра традиционных воздухоканалов; в-шестых, сепаратор можно при необходимости легко установить выше двигателя, например, на крышу кабины автомобиля, что обеспечит преодоление глубокого брода; и наконец, в-седьмых, сепаратор кислорода позволит отказаться от воздухоочистителя со сменными фильтрующими элементами.

Рассмотренные выше направления совершенствования автомобилей пока что кажутся экзотическими. Но за ними — будущее. И к тому нужно готовиться уже сейчас. То есть проводить соответствующие исследования, отрабатывать конструкцию и т.д. Иначе — отставание от зарубежных конкурентов.

УДК 629.114.2

ВЫБОР ЭЛЕКТРОТРАНСМИССИИ МНОГОЗВЕННОГО АВТОПОЕЗДА

Д-р техн. наук **Г.И. ГЛАДОВ**, канд. техн. наук **Д.М. РЯБОВ**
МГТУ им. Н.Э. Баумана (495. 315-15-28)

Рассмотрены вопросы, связанные с применением электротрансмиссий в многозвенных автопоездах, предназначенных для движения в различных условиях, в том числе по опорной поверхности с переменными параметрами.

Ключевые слова: *автопоезд, трансмиссия, электроагрегат, параметры, функционирование.*

Gladov G.I., Ryabov D.M.

CHOICE ELECTRO-TRANSMISSION OF MULTILINK TRAINS

The questions connected with application of electro-transmission multilink trains, intended for driving in various conditions, including a support surface with variable parameters are considered.

Keywords: *road train, transmission, electric machine, parameters, operation.*

При выборе типа привода ведущих колес многозвенных автопоездов предпочтение зачастую отдается электрической трансмиссии. И оно вполне объяснимо: такая трансмиссия относительно просто решает проблемы рационального распределения и передачи мощности от силовой установки к этим колесам при любой колесной формуле тягача и прицепа, позволяет бесступенчато управлять изменением крутящего момента и скоростью вращения ведущих колес в широких пределах, а бесступенчатая (гибкая) связь двигателя с ведущими колесами обеспечивает рациональное использование его максимальной мощности, улучшение тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автопоезда. Учитывая, далее, что скорость v_k поступательного движения колеса и соответственно автопоезда даёт формула:

$$v_k = v_a = \omega_e r_k u_i = 30\pi n r_k u_i = 0{,}105 n r_k u_i,$$

где ω_k и ω_e — угловые скорости вращения соответственно колеса и коленчатого вала ДВС; u_i — передаточное число трансмиссии; n — частота вращения колеса, мин$^{-1}$, то можно сделать вывод: при $n = n_N$ = const и r_k = const передаточное число u_i бесступенчатой электрической трансмиссии будет пропорционально передаточному числу и трансмиссии. И если это число изменять по гиперболическому закону, то автопоезд будет преодолевать дорожные подъемы на максимальной мощности с большей, по сравнению с автопоездом со ступенчатой трансмиссией, скоростью и при этом у него будет меньше путь и время разгона до заданной скорости. Это свободный выбор колесной формулы; возможность создания многозвенных автопоездов практически с любым числом ведущих осей, что невозможно при других видах привода; существенное увеличение полной массы автопоезда без увеличения нагрузки на ось; свобода компоновки шасси, позволяющая получить большую степень соответствия его конструкции характеристикам перевозимого груза; повышение надежности привода, достигаемое за счёт существенного упрощения механической его части для тягачей с колесной формулой 8×8 и более, т.е. уменьшения числа подверженных изнашиванию деталей привода; снижение, по сравнению с массой агрегатов гидромеханического привода, массы агрегатов электропривода при относительно большой (500...700 кВт и более) мощности ДВС; повышение проходимости автопоезда благодаря плавному нарастанию силы тяги на колесах и отсутствию дифференциального эффекта между осями и колесами, а также возможности введения в схему электропривода специального противобуксовочного устройства для каждого мотор-колеса; повышение общего КПД полноприводных автопоездов в результате снижения, по сравнению с вариантами, где мощность реализуется при меньшем числе ведущих колес, потерь в шинах; обеспечение заданного диапазона силы тяги при бесступенчатом или двухступенчатом регулировании.

Что же касается недостатков электрической трансмиссии, то их, по сути, лишь два — довольно высокая начальная стоимость ее агрегатов и двойное преобразование энергии, что отрицательно сказывается на общем КПД системы «ДВС—колесо». Но они с лихвой компенсируются достоинствами.

На практике применяются мотор-колеса трех типов: с асинхронными электродвигателями, с синхронными электродвигателями, работающими по схеме

вентильного двигателя; с электродвигателями постоянного тока независимого возбуждения и электродвигателями постоянного тока независимого возбуждения.

Первая из перечисленных систем позволяет максимально упростить конструкцию мотор-колеса, поскольку асинхронные электродвигатели отличаются простотой конструкции, имеют удельные массу и объем существенно меньше массы и объема электродвигателей постоянного тока и не требуют обслуживания в процессе эксплуатации. Однако статический преобразователь частоты со схемой управления тиристорами, регулирующий частоту вращения и крутящий момент асинхронного двигателя, пока что представляет собой довольно сложное, дорогое и недостаточно надежное устройство. Кроме того, силовые блоки в этом случае получаются громоздкими, что затрудняет их установку на тягаче. Наконец, коэффициент мощности такой системы всегда меньше единицы, что повышает ток асинхронных двигателей, а следовательно, вероятность их перегрева.

Вторая система позволяет сократить число тиристоров, массу и размеры силовых блоков. Но синхронный электродвигатель по конструкции сложнее асинхронного: у него есть обмотка возбуждения, которая размещается на роторе и получает питание от внешнего источника электроэнергии или от возбудителя, есть и обмотка статора, которая установлена также на роторе. Кроме того, есть в этой системе датчик положения ротора или оси магнитного потока, устанавливаемый на том же роторе и выдающий сигнал на систему управления преобразователем. Создание же надежного работающего датчика — до сих пор нерешенная задача. Что касается механических характеристик вентильного двигателя, то они аналогичны характеристикам электродвигателя постоянного тока, а коэффициент мощности системы близок к единице.

Третья система отличается от обычно используемых систем с электродвигателями последовательного возбуждения более гибким регулированием изменения тока независимой обмотки. При этом практически исключается тиристорное регулирование в цепи якоря электродвигателя, что позволяет значительно уменьшить силовые и коммутационные блоки. Важно и то, что конструкция мотор-колеса практически не связана с системой возбуждения электродвигателя.

Четвертая система целесообразна в том случае, когда можно использовать быстроходный генератор переменного тока, что позволяет существенно уменьшить его массу (с учетом массы силового выпрямителя). Причем конструкция мотор-колес остается такой же, как и в системах постоянного тока.

Как видим, выбор достаточно большой. Но на практике род тока системы электропривода выбирают с учетом технико-экономических факторов, включая тип и назначение АТС, параметры ДВС и шин, а также требований, предъявляемых к системе автоматического регулирования тягового электропривода. Хотя, если судить по статистическим данным, то предпочтение отдается двум вариантам компоновки мотор-колес со встроенными тяговыми электродвигателями постоянного тока. При первом из них внутри обода колеса размещены редуктор и часть электродвигателя, корпус которого используется для крепления колеса к раме тягача. При этом для уменьшения массы и осевого размера мотор-колеса редуктора иногда выполняют двухступенчатым, т.е. способным работать на двух различных передаточных числах. Такие двухскоростные мотор-колеса, в принципе, могут быть созданы на базе асинхронных электродвигателей с переключением полюсов. Однако у них больше, чем у обычных асинхронных двигателей, масса и габаритные размеры, а изменение числа пар полюсов возможно только при отношении 2:1, что ограничивает выбор рабочих режимов электродвигателя при работе на первой и второй передачах в редукторе.

Двухскоростные мотор-колеса с электродвигателями постоянного тока не лучший из вариантов. Поэтому их следует рекомендовать лишь в тех случаях, когда от многозвенного автопоезда требуется широкий диапазон регулирования тягово-скоростных показателей, который не может быть реализован при односкоростных мотор-колесах с электродвигателями нормального исполнения. То есть тогда, когда альтернативой переключаемому редуктору может быть или значительное увеличение размеров и массы электродвигателя постоянного тока, или асинхронный двигатель с преобразователем, имеющим весьма широкий диапазон регулирования частоты на выходе. Но такие решения крайне нежелательны как по экономическим соображениям, так и по соображениям, связанным с компоновкой мотор-колес, особенно при использования электродвигателей постоянного тока.

Конструкция двухскоростного мотор-колеса и, в частности, механизма переключения передач зависит от характера использования этого механизма: во время движения или только на стоянках. Решение вопроса о режиме переключения зависит от назначения и условий эксплуатации конкретного многозвенного автопоезда. Однако, отдав предпочтение двухскоростному редуктору, нужно иметь в виду следующее.

Характерной функциональной особенностью мотор-колес является периодичность их режима работы. Это означает, что определенную часть времени движения многозвенного автопоезда мотор-колеса отключены от автономного источника энергии — двигатель-генератора, а движение обеспечивают другие колеса с тем или иным видом привода. То есть часть мотор-колеса должна представлять собой либо исполнительный механизм электропривода периодического действия, либо быть механизмами постоянного действия, но отличающимися между собой режимами работы (смешанный привод). Поэтому и предназначение их неодинаково. Первые применяют для активизации колес прицепа или полуприцепа автопоезда при сохранении серийного привода колес тягача и питаются от генератора, приводимого от ДВС. При этом желательно, чтобы мощность на генератор подавалась до гидротрансформатора, так как мотор-колеса будут развивать пусковой крутящий момент при трогании автопоезда с места. В случае же смешанного привода колеса тягача имеют механический гидропривод, а колеса прицепа — электропривод, причем последний используют при движении на низших передачах коробки передач тягача.

Второе обстоятельство, которое следует учитывать, таково. Чтобы предупредить появление значительных инерционных нагрузок во вращающихся деталях мотор-колеса и уменьшить потери на перемешивание масла в двухскоростном редукторе, с переходом на более высокие передачи тягача необходимо разорвать кинематическую цепь между колесом и быстроходными звеньями редуктора, а также якорем (ротором) электродвигателя. Следовательно, в цепочке «редуктор—мотор-колесо» нужен механизм сцепления. И второе. Механический тормоз должен быть связан с колесом так, как если бы мотор-колесо выполнено по первому типу, но у его электродвигателя очень небольшой момент инерции, а редуктор — с большим передаточным числом.

Мотор-колеса второго типа находят применение на полноприводных автопоездах с большим числом ведущих осей. При движении в тяжелых дорожных условиях или с полной нагрузкой все они реализуют мощность, передаваемую от двигатель-генератора, следовательно, и тягово-сцепные свойства автопоезда реализуются полностью. Но при движении этих автопоездов по дорогам с усовершенствованным покрытием такая мощность не нужна, т.е. силу тяги необходимо значительно уменьшать. Значит, должен быть предусмотрен механизм отключения части мотор-колеса.

Таким образом, электротрансмиссии в зависимости от режима работы системы тягового электропривода можно разделить на две группы: системы постоянного действия с ограниченным диапазоном регулирования, у которых диапазон регулирования крутящего момента M_k и частоты n_k вращения колеса ограничены характеристиками односкоростного редуктора и тягового электродвигателя; и системы постоянного действия с расширенным диапазоном регулирования, у которых расширение диапазона регулирования показателей M_k и n_k достигнуто за счет двухскоростного редуктора и тягового электродвигателя периодического действия.

Мотор-колесо — очень удачное и поэтому широко применяемое в электрических трансмиссиях решение. Но, к сожалению, довольно сложное. И прежде всего — с точки зрения компоновки: объем, в котором приходится размещать электропривод, ограничен посадочным диаметром шины и допустимым осевым размером мотор-колеса. Кроме того, конструктор должен предусмотреть возможность доступа к элементам этого привода в процессе эксплуатации. Этим во многом и определяется то, что на мотор-колеса устанавливают не какой-либо один тип электродвигателя, а целых четыре. Причем во всех случаях решение получается компромиссным.

Так, если взять электродвигатель постоянного тока, то для него характерны два фактора, определяющие его эксплуатационную надежность, — коммутация и тепловой режим. Следовательно, необходимо периодически контролировать состояние его коллектора и щеток, что сделать в отсутствие доступа к ним невозможно. И этот доступ, как показывает анализ конструкций выполненных электромотор-колес, обеспечивается. Но чаще всего не непосредственно, а после демонтажа нескольких деталей или даже целых узлов.

Компоновка мотор-колес должна предусматривать удобные подвод и отвод охлаждающего воздуха, его движение в полости мотор-колеса с минимальным аэродинамическим сопротивлением, чего добиться удается далеко не всегда. Поэтому многие разработчики вынуждены применять асинхронный двигатель, поскольку он не требует контроля в процессе эксплуатации, его габаритные размеры небольшие, а для охлаждения можно использовать замкнутую жидкостную систему.

Таким образом, практика создания, производства и эксплуатации электрических трансмиссий доказывает, что они — один из магистральных путей развития автомобилестроения. И прежде всего — развития многозвенных автопоездов. Однако она говорит и о том, что уже наступило время, когда это развитие требует теоретического осмысления и разработки математических методов построения и анализа таких трансмиссий. Именно об этом и пойдет речь дальше.

УДК 621.318.2

ПОСТОЯННЫЕ МАГНИТЫ ДЛЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ВЕНТИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОМАШИНЫ

Кандидаты техн. наук **А.Л. МИГУНОВ** и **П.В. ТУЛУПОВ**, **С.Ю. КАУРОВ**
Самарский ГТУ (8.846. 242-11-78)

Рассмотрены постоянные магниты трех основных типов, применяемые в вентильных электромашинах.

Ключевые слова: *вентильная машина, постоянные магниты, критерии сравнения магнитов и магнитных систем.*

Migunov A.L., Tulupov P.V., Kaurov S.Yu.

PERMANENT MAGNETS FOR MECHATRONIC SYSTEMS BASED ON BRUSHLESS ELECTRIC MACHINES

Permanent magnets of the three main types used in the brushless electric machines is considered.

Key words: *brushless machine, permanent magnets, comparison criteria of magnets and magnetic systems.*

В последние годы со стороны теории и практики проявляется значительный интерес к мехатронным системам. В частности, к таким, как стартер-генераторые установки (СГУ): легковой автомобиль, оснащенный СГУ, может считаться умеренным гибридом, поскольку способен осуществлять большинство функций гибридного автомобиля [1]. Причем анализ, выполненный рядом авторов [2 и др.], показал, что наиболее предпочтительным типом электрической машины для этой установки считается многополюсная вентильная машина с постоянными магнитами. Поэтому выбор магнитов для такой машины — задача вполне актуальная.

Ее решение, очевидно, сводится к определению расчетных соотношений, позволяющих найти оптимальные значения обычных для любой электрической

машины параметров: диаметр D_i якоря, его длина l_i, а также соотношение между ними ($\lambda = l_i/D_i$). При этом величина D_i, как правило, задается, исходя из установочных размеров стартер-генератора на ДВС и по предварительно выбранным электромагнитным нагрузкам — индукции в зазоре B_δ, линейной нагрузки A и плотности j тока в обмотке якоря.

Как известно [3], в любых электромеханических преобразователях с постоянными магнитами величины этих параметров зависят от характеристик материала, объема (конструкции) и степени использования магнита. И СГУ — не исключение: в ней действуют те же законы.

Однако материалов, из которых изготовляют постоянные магниты, довольно много: альнико-магнитные материалы на основе сплавов железа, никеля и кобальта; ферриты бария и стронция; соединения наодия, железа и бора. Отличаются они и по своим параметрам: остаточной индукцией B_r; коэрцитивной силой по индукции $H_{СВ}$; коэффициентом возврата ρ, равным отношению: $\frac{\Delta B}{\Delta H} = \mathrm{tg}\beta$, где β — угол между прямой возврата и осью абсцисс, ΔB — изменение остаточной индукции и ΔH — изменение коэрцитивной силы; максимальной удельной магнитной энергией $W_{уд}$, подсчитываемой по формуле: $W_{уд} = \frac{(BH)_{max}}{2}$; магнитной твердостью $\Theta_м$ по намагниченности: $\Theta_м = \frac{\mu_0 H_{см}}{B_r}$, где $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ Гн/м — магнитная постоянная, $H_{см}$ — коэрцитивная сила по намагниченности, B_r — остаточная индукция; коэффициентом γ формы кривой размагничивания (коэффициент выпуклости), определяемый по формуле: $\gamma = \frac{(BH)_{max}}{B_r H_{СВ}}$. Например, магнитные материалы на основе железа, никеля и кобальта имеют высокое (0,9...1,3 Тл) значение остаточной индукции B_r. Причем это их свойство сохраняется до температур порядка 673 К (400 °С). Однако они легко размагничиваются за счет внешних магнитных полей ($H_{СВ}$ = 50...145 кА/м). Ферритовые магниты, наоборот, имеют высокое значение коэрцитивной силы $H_{СВ}$ (180...250 кА/м) и практически не размагничиваются внешними полями, но у них сравнительно небольшая (0,2...0,4 Тл) остаточная индукция B_r, а магнитные свойства они сохраняют до температуры 673 К (300 °С).

Магниты на основе соединений редкоземельных металлов обладают значительными магнитными свойствами (B_r = 0,9...1,3 Тл, $H_{СВ}$ = 800...1000 кА/м), но они в 10 раз дороже ферритовых магнитов, а свои свойства сохраняют лишь до температур 403...423 К (130...150 °С).

Так, если взять литые постоянные магниты из железоникелевокобальтовых сплавов, то они имеют низкий ресурс стабильности и сравнительно высокую остаточную индукцию, поэтому их длина (расстояние

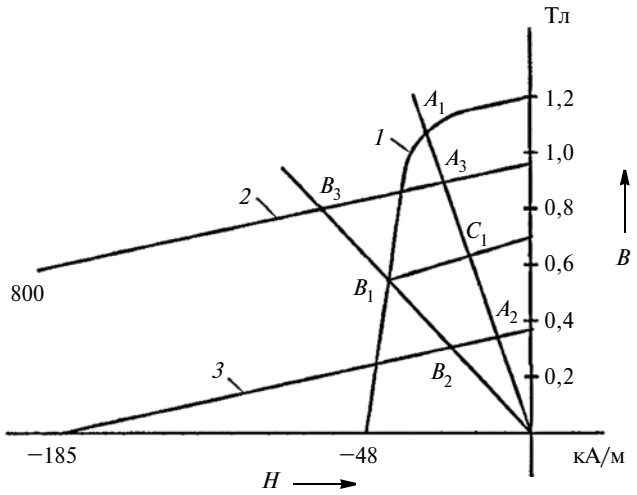

Рис. 1. Кривые размагничивания магнитов:
1 — ЮН14ДК24; *2* — 28БА120; *3* — КСП37

между поверхностями полюсов) должна быть больше ширины. Поэтому им и придают форму брусков, сегментов или скоб. У ферритовых же и магнитов на основе редкоземельных элементов, наоборот, длина значительно меньше ширины и изготавливают их в виде призм или шайб.

На практике наибольшее распространение получили постоянные магниты из сплавов ЮН14ДК24, 28БА120, КПС37, кривые размагничивания которых приведены на рис. 1. Из этого рисунка видно, что внутреннее размагничивающее поле, возникающее в литом магните ЮН14ДК24, при увеличении магнитного сопротивления внешней цепи смещает рабочую точку *A* по кривой *1* размагничивания вниз и влево (точка B_1). Но после восстановления магнитного сопротивления эта точка окажется на линии магнитного возврата (прямой возврата), расположенной ниже линии *3*, определяющей прежнее состояние магнита (точка C_1). То есть произойдет частичное размагничивание. Для ферритовых (28БА120) и редкоземельных (КПС37) магнитов при изменении магнитного сопротивления внешней цепи точки *A* будут перемещаться по линейному участку кривой размагничивания, не доходя до точки перегиба, и размагничивание не произойдет. Аналогичным образом действует на магнит внешнее размагничивающее поле, возникающее в машине с постоянным магнитом под нагрузкой (рис. 2).

Следовательно, магниты на основе редкоземельных элементов, ферритов бария и стронция способны выдерживать внешнее размагничивающее поле, превышающее значение их коэрцитивной силы $H_{СВ}$ без потери остаточной энергии. Значит, допускают разборку СГУ и намагничивание в свободном состоянии, а магниты марки ЮН14ДК24 должны быть защищены от перегрузок либо с помощью полюсных наконечников, либо специальных компенсационных обмоток. При этом зависимость магнитных свойств от температуры, характерную для ферритовых и редкоземельных магнитов, магнитов ЮН14ДК24, можно не учитывать:

Материал	Br, Тл	НсМ, кА/м	$\Theta_м$	$W_{уд}$, кДж/м^3	$D_м$		$R_э$, кДж/м^3	$R_{ст}$, кА/м	$\Theta_м W_{уд}$	
					А · Г, Дж/м^4	относительный			кДж/м^3	относительный
Литой сплав ЮН14ДК24	1,2	48,1	0,05	18	0,23	1	10,2	22,5	0,9	1
Феррит 19БА260	0,33	263	1,0	9,55	0,96	4,17	9,2	105	9,55	10,6
РЗМ КПС37	0,9	800	1,18	65	19,7	85,6	63,6	310	76,7	85,3

при изменении их на 1 К их индукция уменьшается на 0,08 %, тогда как у ферритовых — на 0,2, а редкоземельных — на 0,13 %.

Влияние той или иной марки магнита на массогабаритные, энергетические и динамические характеристики электрической машины обычно связывают с величиной максимальной удельной магнитной энергии [4]. Однако для выбора типа магнита одной этой характеристики недостаточно. В этом случае более справедливо сравнивать магниты по их добротности ($D_м$), поскольку данный критерий связывает наиболее существенные эксплуатационные и конструктивно-технические свойства магнитов. Добротность $D_м$ магнита определяется максимумом произведения:

$$D_м = (R_э R_{ст})_{max}, \quad (1)$$

где $R_э = BH/2$ — ресурс удельной энергии; $R_{ст} = H_{ст.пр}$ — ресурс стабильности ($H_{ст.пр}$ — предельное значение внешнего размагничивающего поля, не вызывающего необратимой потери потока.)

Значение добротности $D_м$, ресурса $R_{ст}$ стабильности и ресурса $R_э$ удельной энергии основных магнитотвердых материалов приведены в таблице.

Что касается эффективности использования магнитных систем электрических машин, то ее можно оценивать по полноте выполнения предъявляемых к ним требований — таких, как обеспечение максимального магнитного потока в заданном объеме; создание оптимального распределения его плотности в рабочем объеме системы; устойчивость к размагничивающим полям и другим размагничивающим факторам (это требование является важнейшим для магнитных систем вентильного электродвигателя); стоимость магнитной системы (особенно при массовом выпуске изделий).

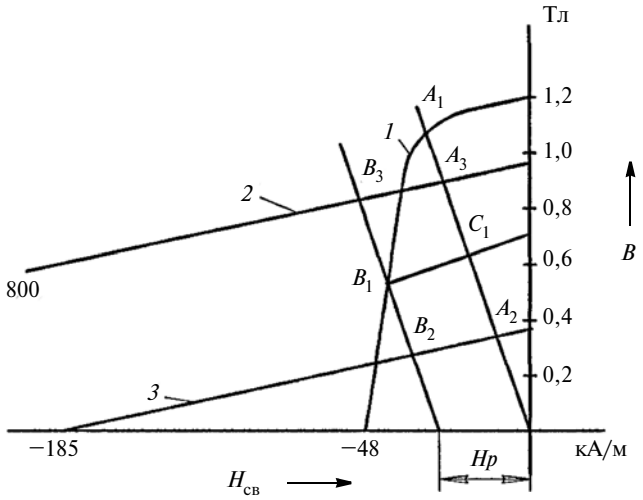

Рис. 2. Воздействие размагничивающего поля на постоянный магнит: 1 — ЮН14ДК24; 2 — 28БА190; 3 — КСП37

Принимая во внимание все рассмотренные выше показатели, а также динамику цен на постоянные магниты, можно утверждать, что для мехатронных систем автомобильной техники, в том числе для СГУ, наиболее применимы ферритовые магниты. И только в тех случаях, когда решающее значение имеют минимальный объем и масса, целесообразно применение магнитов на основе редкоземельных элементов. И если возникают какие-либо сомнения, то при выборе марки постоянного магнита следует пользоваться рассмотренным ранее критерием добротности, отнесенным к стоимости материала постоянного магнита, т.е. формулой:

$$d_{max} = D_м/C_м, \quad (2)$$

где $D_м$ — добротность магнита, $C_м$ — стоимость материала, из которого он изготовлен. Но можно воспользоваться и критерием K, связывающим наиболее существенные конструктивно-технические и эксплуатационные свойства системы, подсчитываемым по формуле:

$$K = p\Phi_\delta H_\delta d, \quad (3)$$

где p — число пар полюсов магнита; Φ_δ — магнитный поток полюса постоянного магнита в воздушном зазоре; H_δ — напряженность магнитного поля в нем; δ — рабочий зазор.

Литература

1. Дентон Т. Автомобильная электроника; пер. с англ. — М.: НТ Пресс, 2008. — 576 с.
2. Шевченко А.Ф., Медведко А.С., Бухгольц Ю.Г. и др. Стартер-генераторное устройство для легковых автомобилей класса ВАЗ — 2110 // Электротехника, 2003, № 9. С. 15...19.
3. Балагуров В.А., Гридин В.М., Лозенко В.К. Бесконтактные двигатели постоянного тока с постоянными магнитами. М.: Энергия, 1975. — 136 с.
4. Постоянные магниты: Справочник / Альтман А.Б., Герберг А.Н., Гладышев П.А. и др., Под ред. Ю.М. Пятина. — 2-е изд. — М.: Энергия, 1980. — 488 с.

УДК 629.3.027-044.923

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ ПРИ ЕГО НАКЛОНЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Канд. техн. наук **Д.Н. ЛЕОНТЬЕВ**, **А.В. КОНОПЕЛЬКО**
Харьковский НАДУ (+ 38(097) 943-78-85)

Рассматривается метод определения нагрузки на задние колеса автомобиля при его наклоне в горизонтальной плоскости.

Ключевые слова: *масса автомобиля, база автомобиля, центр масс, высота подставки, координата, вес, приходящийся на ось автомобиля.*

Leontiev D.N., Konopelko A.V.

DETERMINING THE LOAD ON THE WHEEL WHEN ITS TILTED RELATIVE TO THE SUPPORT

Method for determining the load on the rear wheels of a vehicle when it tilted in the horizontal plancoast is described.

Keywords: *vehicle weight, the base of the vehicle, the center of mass, the height of the stand, the weight per axle of the vehicle.*

На автомобиль действуют силы, обеспечивающие его движение, и силы сопротивления. Некоторые из них создают моменты относительно его центра масс и, следовательно, определяют его безопасность. Причем величина этих моментов зависит как от величины названных сил, так и плеча, на котором они действуют, т. е. положения центра масс автомобиля. Значит, чтобы определить степень устойчивости автомобиля, надо, прежде всего, знать положение его центра масс, который зависит от центров масс агрегатов автомобиля — двигателя, трансмиссии, рамы (кузова), кабины, грузовой платформы, т.е. его компоновочной схемы, а нагруженного автомобиля — еще и от размещения и вида груза в кузове. Так, двигатель может занимать относительно рамы продольное или поперечное положение, располагаться в начале, посередине или в задней ее части, а его центр масс — находиться над рамой, в пределах рамы и ниже центра масс рамы. Трансмиссия автомобиля, будь она механической, гидрообъемной, электрической или комбинированной, как правило, располагается ниже центра масс рамы или кузова, но выше движителей (исключение — спортивные автомобили: центр масс их трансмиссии находится в пределах расположения кузова, подвески и движителей). Центр масс рамы, как и кузова, находится выше центра масс подвески и движителей (исключение — спортивные автомобили). Центр масс кабины может размещаться как над рамой, так и в ее пределах. Но у легковых автомобилей функции кабины выполняет кузов, что позволяет снизить центр масс и повысить их устойчивость при более высоких скоростях движения. Грузовая платформа тоже имеет свой центр масс, который располагается выше рамы, причем его положение зависит от вида и объема груза, а также его расположения на платформе [2, 3, 5, 6].

Из сказанного следует, что определить центр масс автомобиля довольно сложно. Поэтому его обычно не рассчитывают, а определяют и корректируют на выполненном в металле опытном образце автомобиля методом взвешивания.

В реальных условиях эксплуатации трудно расположить груз в соответствии с методикой, которая используется для определения высоты центра масс автомобиля, да и автомобиль движется не только по горизонтальной дороге. Поэтому поперечные и продольные наклоны автомобиля и его подрессоренной массы — это реальность, которая не может не влиять на его устойчивость, т.е. безопасность движения. В связи с этим возникает вопрос: как учесть эту реальность? Чтобы ответить на него, обратимся к теории определения координаты центра масс автомобиля.

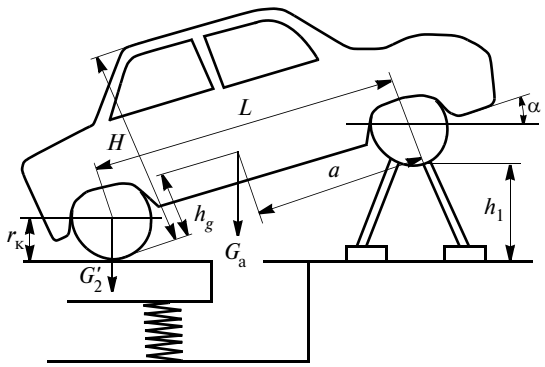

Схема взвешивания автомобиля под углом относительно горизонтальной плоскости

Как уже упоминалось, эту координату h_g определяют экспериментальным путем, т.е. взвешиванием соответствующих осей автомобиля в горизонтальном и наклоненном состояниях. Но при проектировании автомобиля его натурного образца еще нет. То есть нет и возможности оценить, как поведет себя автомобиль при наклонах в процессе движения. А знать это крайне необходимо. Отсюда напрашивается вывод: нужен расчетный метод. И авторы попытались его найти, для чего провели специальное исследование, на основе известного метода, суть которого иллюстрирует рисунок: передние колеса установили на подставку, взвешиванием определили нагрузку на колеса задней оси, и, как рекомендуют авторы работы [4, 5], по формуле № 1 (см. таблицу) рассчитали вертикальную координату h_g центра масс этого автомобиля. Затем, для надежности, повторили расчет по известной формуле № 2, приведенной в работе [1].

С реальным автомобилем или его уменьшенной моделью выполнить такие эксперименты и расчеты труда не представляет. Но у конструктора, занимающегося разработкой нового автомобиля, ни того ни другого нет. Если он для автомобиля, рассоложенного на горизонтальной плоскости, хоть как-то может задаться (по чертежу) нагрузкой G на оси, то для наклоненного автомобиля этого сделать нельзя: точной аналитической зависимости, описывающей этот случай, авторам в изученной ими литературе найти не удалось. Однако решить эту задачу, по их мнению, можно, если принять некоторые допущения. Например, допустить, что величина нагрузки N_2 на заднее колесо в момент начала трогания автомобиля с места на уклоне дороги, равном α, подчиняется закону, записанному в виде формулы № 3. При этом эмпирический коэффициент A предлагается определять по формуле № 4.

При таком подходе формула для определения $G_2' = f(\alpha)$принимает вид формулы № 5, и формула № 1 становится формулой № 6. Входящий в две последние формулы коэффициент B учитывает степень сниже-

№ формулы	Формула	Примечания
1	$h_g = \frac{L\sqrt{L^2-(h_1-r_к)^2}(G_2'-G_2)}{G_а(h_1-r_к)} + r_к$	h_1 — высота подставки под передние колеса
2	$h_g = \frac{L(G_2'-G_2)}{G_а\tan(\alpha)} + r_к$	L — база автомобиля; $G_а$ — его вес; G_2 — нагрузка на задние колеса автомобиля в его горизонтальном положении; G_2' — нагрузка на его задние колеса при наклоне автомобиля относительно горизонтальной плоскости; $r_к$ — радиус колеса; α — угол наклона автомобиля в горизонтальной плоскости
3	$N_2 = G_2\cos\left(\frac{\alpha}{A}\right)$	A — коэффициент, зависящий от геометрических параметров автомобиля
4	$A = 1 - \cos\left(\frac{1}{\arctan\left(\frac{H}{L}\right)}\right)$	H — среднее значение высоты крайних верхних элементов конструкции автомобиля
5	$G_2' = BG_2\left(2-\cos\left(\frac{\alpha}{A}\right)+\frac{r_к}{a}\tan(\alpha)\right)$	a — расстояние от проекции центра тяжести транспортного средства до передней его оси; B — коэффициент, учитывающий степень снижения среднего значения высоты крайних верхних элементов конструкции автомобиля по отношению к его подвеске
6	$h_g' = \frac{L\left[BG_2\left(2-\cos\left(\frac{\alpha}{A}\right)+\frac{r_к}{a}\tan(\alpha)\right)-G_2\right]}{G_а\tan(\alpha)} + r_к$	—

ния среднего значения расположения крайних верхних элементов автомобиля по отношению к подвеске. Его значение для скоростных (спортивных) автомобилей равно 0,93; для легковых автомобилей и автобусов — 1,0; для грузовых автомобилей — 1,01.

Формула № 6 позволяет рассчитать центр масс автомобиля при его наклоне относительно опорной поверхности, не прибегая к взвешиванию его осей. Причем довольно точно. Чтобы убедиться в этом, авторы провели специальные исследования на моделях автомобилей в условиях стенда. При этом технология исследования сводилась к следующему.

На стенде с весами были установлены две модели — грузового автомобиля массой 60 кг и легкового автомобиля массой 0,44 кг. Затем были определены нагрузки на оси этих моделей при их горизонтальном положении и при поднятых передних осях. Полученные таким образом данные подставлялись в формулы № 1 и 2 для сравнения результатов. Результаты расчетов оказались одинаковыми, что исключило вероятность возникновения ошибки при расчетах координаты центра масс этих автомобилей. Аналогичные замеры также были проведены сотрудниками ЛША ХНАДУ (Е.Л. Савченко и А.А. Чернышев) на реальных спортивных автомобилях ХАДИ 31, ХАДИ 33, "Эстония 25" и "Эстония 21". Кроме того, формула № 6 выдержала и еще одну проверку: авторы рассчитали по ней координаты h_g' для нескольких десятков серийных легковых и грузовых автомобилей и полученные данные сравнили с данными, взятыми из технической документации заводов-изготовителей этих АТС.

Результаты такого сравнения следующие. Погрешность расчета нагрузки на заднюю ось автомобиля, по сравнению с реальным его значением, для снаряженных автомобилей в среднем не превышает 10 %, для автомобилей загруженных — 9 %. Причем меньшая погрешность наблюдается при сравнении с данными заводов-производителей, а большая — при сравнении с данными, приведенными в технической литературе [4...6]. Так, для автомобилей УАЗ погрешность при расчете нагрузки (используя формулу № 5) на задние колеса на уклоне 15° в снаряженном состоянии составила 8 %, а в загруженном состоянии — 3%. Сравнение расчетных данных с экспериментальными, полученными в стендовых условиях (в лаборатории кафедры автомобилей ХНАДУ), показало, что среднее расхождение между ними для моделей автомобилей в снаряженном состоянии составило 5 %, а в загруженном — 7%.

Авторы также выполнили сравнительные расчеты координаты центра тяжести (по формуле № 6) различных автомобилей и сравнили их с данными, приведенными в научно-технической литературе [1, 4, 5, 6]. Оказалось, что средняя погрешность расчетов для автомобилей в снаряженном состоянии составляет 12 %, в загруженном состоянии — 11%. Это означает, что формула № 6 с достаточной точностью для инженерных расчетов позволяет на стадии проектирования автомобиля уточнить его устойчивость. Следует отметить, что она дает результаты, которые от полученных в стендовых условиях отличаются для снаряженного автомобиля в среднем на 6,5 %, а для загруженного — на 5 %.

Литература

1. Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств в примерах и задачах: Учеб. пособ. / Н.Н. Алекса, В.Н. Алексеенко, А.Б. Гредеску. — К.: УМК ВО, 1990. — 100 с.
2. Тур Е.Я., Серебряков К.Б., Жолобов Л.А. — М.: Машиностроение, 1991. — 352 с.: ил.
3. http://avtookay.ru/physics/tsentr-tyazhesti-avtomobilya
4. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. — Л.: Лениздат, 1984. — 304 с.
5. Шасси автомобиля: Типы приводов / Под ред. Й. Раймпеля; Пер. с нем. В.И. Губы; Под ред. А.К. Миллера. — М.: Машиностроение, 1989. — 232 с.
6. Краткий автомобильный справочник / А.Н. Понизовскин, Ю.М. Власков, М.Б. Ляликов и др. — М.: АО "ТРАНСКОСЛТИНГ", НИИАТ, 1994. — 779 с.

УДК 624.077

КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОПОЕЗДОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Кандидаты техн. наук **В.А. ТОПАЛИДИ**, **Б.С. СОВЕТБЕКОВ** и **А.М. БАБОЕВ**
ТАДИ (+99893-599-95-79), КРСУ

Рассмотрена проблема оценки эффективности торможения прицепных звеньев автопоездов в эксплуатации. Предложен метод контроля эффективности торможения звеньев автопоездов путем дорожных испытаний.

Ключевые слова: *автопоезда, безопасность, контроль, эффективность торможения.*

Topalidi V.A., Sovetbekov B.S., Baboev A.M.
CONTROL OF ROAD TRAINS' BRAKING EFFICIENCY IN OPERATION

The problem of road train trailing units' braking efficiency in operation is considered. Road tests as the method of control of road train trailing units' braking efficiency are proposed.
Keywords: *road train, safety, control, braking efficiency.*

Автопоезда, особенно седельные, как известно, наиболее опасные АТС. Особенно при эксплуатации в горных условиях. В Узбекистане до 1500 автопоездов в сутки совершают перевозки, преодолевая горный перевал "Камчик", связывающий Ферганскую долину с остальными областями Республики. В соседнем Кыргызстане — еще сложнее, там горные автомобильные дороги составляют более 93 % всей дорожной сети.

Не менее 90 % автопоездов в настоящий момент находятся в частных небольших компаниях (от 2 до 10 единиц), остальными владеют индивидуальные предприниматели. Больших государственных автопредприятий, владеющих автопоездами, в Узбекистане — два, в Кыргызстане — ни одного. Контроль тормозных свойств автопоездов осуществляется один раз в год, при обязательных технических осмотрах, чего, разумеется, крайне мало. Одно спасает: парк автопоездов в основном состоит из довольно надежных тягачей, грузовиков, полуприцепов и прицепов европейского производства. В РУз и КР грузовиков типа КамАЗ и МАЗ старых моделей осталось не более 2...3 %. Необходимо отметить, что автопоезда европейского производства по годам выпуска распределены следующим образом: 1994—2002 гг. — более 40 %, 2003—2008 гг. — примерно 40 % и лишь менее 20 % — автопоезда производства 2009—2014 гг. Больше их в Узбекистане, так как в Республике с 2010 г. начата сборка грузовых автомобилей марки МАН различных модификаций.

Горные условия эксплуатации требуют постоянного контроля за техническим состоянием узлов и систем, обеспечивающих безопасность движения автопоездов. Предложения обеспечить встроенный контроль за эффективностью и устойчивостью автопоездов при торможении с помощью довольно простых запатентованных технических решений были изложены в работе [1]. К сожалению, они до сих пор не реализованы.

В настоящий момент на современных автопоездах активно внедряются бортовые интеллектуальные транспортные системы (БИТС), которые реально с помощью своих датчиков и механизмов исключают аварийную ситуацию, в которой могло бы оказаться автотранспортное средство [2]. Особенно эффективны системы автоматического аварийного торможения и электронного контроля курсовой устойчивости (ЭКУ). Но, как ни странно, ни одна из систем БИТС не отвечает на вопросы: исправна ли тормозная система автопоезда в целом, обеспечивает ли она нормативную эффективность торможения? Отдельные контрольные датчики фиксируют исправность различных видов БИТС. Контроль устойчивости автопоезда при торможении обеспечивается АБС, а на криволинейных участках движения — ЭКУ. Если они исправны, что определяется по системам встроенного контроля за их работоспособностью, то устойчивость автопоезду при торможении обеспечена. На автопоездах выпуска до 2012—2014 гг. ЭКУ не устанавливались, но на всех установлены АБС и, как правило, они все работают.

Решить данную проблему можно, узаконив проведение обязательного технического осмотра для автопоездов, эксплуатирующихся в горных условиях, 2 раза в год, как это принято для пассажирского коммерческого транспорта во многих странах Европы и Азии. В настоящий момент во всех Центрально-Азиатских странах линии инструментального контроля для проведения достоверного технического осмотра именно автопоездов практически нет. В этих случаях можно использовать метод дорожных испытаний тормозных свойств автопоездов с помощью переносных приборов.

В Англии, например, начиная с конца прошлого века, введен и регулярно проводится для автопоездов, дополнительно к плановому техническому осмотру, еще один контроль технического состояния узлов и систем, обеспечивающий безопасность движения с помощью переносных приборов. Такая процедура установлена для автопоездов в национальном нормативном документе "Правила автомобильных перевозок". Занимается этим целый штат инженеров в ассоциациях автоперевозчиков Англии. Например, в самой большой из них, FTA, штат таких инженеров составляет более 100 человек. Англия не горная страна, островная, но имеющая интенсивное дорожное движение, где, в отличие от континентальных европейских стран, разрешена эксплуатация автопоездов и в воскресные дни.

В Евросоюзе также происходит ужесточение контроля безопасности технического состояния коммерческого грузового транспорта. Начиная с 2000 г., согласно Директиве 2000/30 ЕС, дорожный инспектор в

любой стране ЕС имеет право произвести технический осмотр любых коммерческих грузовых автомобилей и автопоездов полной массой более 3,5 т (категории N_2 и N_3) в любое время на предмет пригодности к эксплуатации. Проверке подвергаются автомобили и автопоезда стран ЕС и других стран, въезжающие на территорию ЕС. Контроль производится в соответствии с требованиями новой директивы 2010/48 ЕС, по которой проводят ежегодный технический осмотр автомобилей и прицепов. С 2014 г. эти работы выполняют уже по новой Директиве 2014/47 ЕС, заменившей Директиву 2000/30 ЕС, в которую дополнительно введена проверка качества крепления грузов.

Для проведения дорожных тормозных испытаний АТС в странах СНГ наиболее доступны портативный переносной прибор "МЕТА-эффект" или "МЕТА-эффект 2". Их метрологические качества вполне отвечают стандартам, техническим регламентам по контролю эффективности торможения АТС в эксплуатации.

При проведении дорожных испытаний определяется лишь эффективность всего автопоезда с помощью переносного прибора. До сих пор с помощью дорожных испытаний невозможно было в эксплуатационных условиях определить, какое звено автопоезда, тягач, прицеп или полуприцеп, не отвечает нормативным требованиям по эффективности торможения.

С целью выявления эффективности торможения прицепного звена (в седельном автопоезде — полуприцепа, в прицепном — прицепа) предлагается использовать способ затормаживания прицепного звена специальным дополнительным тормозом. Водители называют его "парашютом". Он служит для растяжения автопоезда, используется редко, в основном, при гололеде. При включении рычага этого тормоза срабатывает только тормозная система прицепа (полуприцепа) в составе автопоезда. Предлагаемый метод определения эффективности торможения автопоезда в целом и его звеньев включает три этапа.

Первый. Дорожные испытания эффективности автопоезда при торможении всеми его осями проводятся на небольшом ровном участке дороги с начальной скоростью 25...30 км/ч. Используется прибор "МЕТА-эффект", измеряющий установившееся замедление, время срабатывания тормозной системы $\tau_{ср}$.

Второй. Дорожные испытания эффективности торможения прицепа (полуприцепа) проводятся по той же методике, измерение тем же прибором, но торможение всего автопоезда осуществляется только тормозной системой прицепа (полуприцепа).

Третий. Для того чтобы узнать, с какой эффективностью проходило торможение прицепа (полуприцепа), определяется его замедление путем расчета по методике, приведенной в Приложении 4 п. 1.4.4.3 Правил 13 ЕЭК ООН [3[, а именно — по формуле: $j_п = j_{ап} - RP_m + P_п P_п + R$, где: $j_п$, $j_{ап}$ — замедления прицепа и автопоезда, R — величина сопротивления качения = 0,01, P_m — общее обычное статистическое взаимодействие между опорной поверхностью и колесами транспортного средства, буксирующего прицеп (полуприцеп), $P_п$ — общее обычное статистическое взаимодействие между опорной поверхностью и колесами прицепа (полуприцепа).

С целью апробации предложенного метода были проведены дорожные тормозные испытания 10 седельно-прицепных шестиосных автопоездов для перевозки жидких грузов, полная масса которых была в пределах 42,9...43,1 т, нагрузка на три задние оси полуприцепа — в пределах 24,0 т.

На рисунке показаны испытания тормозов автопоезда в составе трехосного тягача МАН модели

№ п/п	Автопоезд	Время срабатывания тормозной системы автопоезда, с	Замедление при торможении всеми колесами автопоезда, м/с^2	Замедление при торможении только колесами полуприцепа, м/с^2	
				Эксперимент	Расчет
1	МАН TGS 26.400 + + встроенная цистерна Фрейхауф. Гаражный № 118	0,67	4,03	1,6	2,86
2	То же. № 422	0,74	5,5	1,79	3,2
3	То же. № 135	0,82	4,6	1,28	2,29
4	То же. № 146	0,94	5,3	1,08	1,93
5	То же. № 148	0,76	4,76	2,56	4,58
6	МАН TGS 26.400 + + Велтон NS3 P40 с двумя контейнерами для жидких грузов. Гаражный № 216	0,6	4,8	1,98	3,55
7	То же. № 521	0,9	5,76	2,11	3,78
8	То же. № 336	0,52	4,8	2,17	3,89
9	То же. № 436	0,76	5,46	2,52	4,52
10	То же. № 461	0,64	5,2	2,61	4,66

TGS 26.400 и прицепа-контейнеровоза "Уиелтон" NS3 P40 с двумя контейнерами для жидких грузов. Прибор МЕТА установлен на стекле правой двери тягача. Испытания проводились в два этапа. На первом этапе (первый заезд) на педаль тормоза установили датчик-отметчик начала торможения, торможение автопоезда осуществлялось тормозами всех колес автопоезда.

На втором этапе (второй заезд) торможение всего автопоезда осуществлялось дополнительным тормозом полуприцепа (парашютом), т.е. тормозились только оси полуприцепа. В этом случае датчик-отметчик начала торможения включался одновременно с резким перемещением рычага дополнительного тормоза, что обеспечивало экстренное торможение автопоезда.

В таблице приведены результаты тормозных испытаний автопоездов, а также результаты расчета замедления полуприцепов. Время срабатывания тормозной системы ($\tau_{ср}$) прибор "МЕТА-эффект" фиксирует до достижения максимального замедления автопоезда (J_{max}). Так предусмотрено в техническом регламенте РФ о безопасности колесных ТС, приложение № 7 "Требования к АТС, находящихся в эксплуатации". Норматив $\tau_{ср}$ = 0,8 с.

Такой же норматив для $\tau_{ср}$ установлен в соответствующем техническом регламенте РУз, но норма 0,8 с установлена до достижения $0{,}75J_{max}$, что совершенно правильно. Аналогичный подход к замеру быстродействия срабатывания тормозного привода автотранспортных средств, а соответственно, и тормозной системы в целом установлен в Правилах № 13 ЕЭК ООН.

По результатам испытания автопоездов время срабатывания тормозной системы у всех 10 автопоездов находилось в норме. Однако анализ полученных параметров замедления при торможении всеми колесами автопоезда и расчетными параметрами замедления полуприцепа указывает, что только у трех полуприцепов (№ 5, 9 и 10) тормозные системы исправны, замедление выше нормативного значения (4,5 м/с^2). Результаты испытаний также показывают, что если проводить оценку эффективности торможения автопоездов дорожными испытаниями, замеряя замедление автопоезда при торможении рабочей тормозной системой всех колес, можно сделать вывод, что на девяти автопоездах, кроме первого, тормозные системы отвечают нормативным параметрам. Это происходило за счет мощной тормозной системы тягачей "МАН TGS 26.400", где на их трех осях установлены дисковые тормозные механизмы и электронная система управления.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что предложенный метод достоверно оценивает эффективность тормозов каждого транспортного звена автопоезда. В нашем случае предложенный метод позволил выявить, что у семи автопоездов тормозные механизмы полуприцепов требуют срочного ремонта.

Эксплуатация седельного автопоезда с неисправной тормозной системой полуприцепа очень опасна, особенно в горах, так как при любых торможениях полуприцеп будет набегать на тягач, создавая усилия сжатия в тягово-сцепном устройстве, что может привести к складыванию и потере устойчивости автопоезда.

Литература

1. Топалиди В.А., Никульников Э.Н., Кузнецов Н.В. Система контроля и управления устойчивостью движения автопоездов // Автомобильная промышленность. 2002. № 1. С. 10...11.
2. Топалиди В.А. Бортовые интеллектуальные транспортные системы / Автомобильная промышленность. 2011. № 6. С. 21...23
3. Правила 13 ЕЭК ООН "Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий M, N и O в отношении торможения". www.unece.org/trans/main/welcwp29.htm

УДК 05.22.10

О ПРОТИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВАХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.А. ДУБОВИК

Донской ГТУ (863. 273-85-11)

Рассматривается новая концепция оценки противоизносных свойств смазываемых стальных поверхностей трения по величине и распределению микромеханических характеристик в тонком приповерхностном слое.

Ключевые слова: *трибосистема, интенсивность изнашивания, поверхность трения, градиент, рентгеноструктурный анализ, смазочный материал.*

Dubovik E.A.

ABOUT ANTIWEAR CHARACTERISTICS OF LUBRICATION OILS

New conception of identification of wear intensity of lubricated steel friction surfaces by size and distribut6ion of micromechanical characteristics in thin undersurface level is considered.

Keywords: *tribosystem, wear resistance, surface friction, gradient, analysis, lubricant.*

Доказано, что ~90 % повреждений силовых трибосистем обусловлены их контактной усталостью. Например, в работе [1], посвящённой исследованиям продуктов изнашивания, которые проводились по методике, изложенной в работе [2], приведён такой факт: в маслах тяжело нагруженных зубчатых передач автомобильных трансмиссий абсолютное большинство составляют частицы износа, поперечный размер которых не превышает 3 мкм и которые в дальнейшем проходят стадию окисления железа до его окиси (Fe_2O_3-гематит), закиси (FeO-вюстит) и закись-окиси (Fe_3O_4-магнетит). Такие частицы, очевидно, могут образовываться только в результате появления, а затем и слияния закритических микротрещин под действием повторных деформаций дискретных микрообъемов приповерхностного слоя металла.

То, что это происходит с плохо смазываемыми поверхностями трения, ни у кого сомнений не вызывает. Но, к сожалению, в отношении процессов разрушения, характерных для хорошо смазываемых поверхностей, такого единодушия среди специалистов нет. Потому что классические трибологические методы здесь результатов не дают, поскольку разрушения накапливаются и локализуются в тонких, на уровне кристаллической решетки слоях.

Вывод из этого, как говорится, лежит на поверхности: для решения триботехнических проблем необ-

ходимы методы исследования именно тонкой кристаллической структуры на **микро-** и **наноуровнях**.

Чтобы найти пути реализации этого вывода, следует исходить из следующих соображений.

В инженерных триботехнических расчётах узлов трения в настоящее время используются механические характеристики материалов, отражающие их объемные свойства. Но тонкие приповерхностные слои этих материалов имеют свойства, значительно отличающиеся от объемных, в том числе и из-за влияния смазочных материалов, чего все традиционные методы оценки износостойкости смазываемых поверхностей трения не учитывают. И это не вина, а беда исследователей: микромеханические свойства и кинетики разрушения тонкого (до 38 мкм) приповерхностного слоя, деформируемого трением, до сих пор практически не изучены. Дело всё в том, что изучение процессов триборазрушения в тонких приповерхностных слоях — задача микромеханики и трибологии, решаемая на микро- и наноуровнях. А стыки, как известно, всегда и везде считаются "слабым местом". Хотя работы по её решению, конечно же, ведутся.

Так, принципы подбора смазочных материалов для тяжелонагруженных узлов трения изложены в работе [3], где определяется режим трения по критерию $\lambda = h_{\min}/(R_{a1}^2 + R_{a2}^2)^{0,5}$, представляющему собой отношение минимальной толщины $h_{\min}$ смазочного слоя в зазоре между трущимися деталями к характеристикам R_{a1} и R_{a2} высоты микронеровностей рабочих поверхностей этих деталей. При этом работоспособность смазочного материала проверяется по температурному критерию $Q_{кр} > Q_{\Sigma}$, где $Q_{кр}$ — критическое количество теплоты, выделяемой на трущейся поверхности, а Q_{Σ} — теплота фактическая.

С учётом большого числа однотипных смазочных материалов, при использовании которых названные выше критерии могут совпадать или быть близкими по значению, автор статьи предлагает качество служебных свойств смазочных материалов оценивать субструктурным критерием, однозначно характеризующим противоизносные свойства масел. При этом предполагается, что интенсивность изнашивания зависит не только от толщины разделяющего поверхности трения масляного слоя и его температурных параметров, но и от физико-химического состава смазочного материала.

При таком подходе получается двуединая служебная характеристика смазочного материала, первая часть которой обусловливает параметры трения в контакте, вторая — параметры изнашивания контактирующих поверхностей. И чтобы реализовать этот подход и проверить его правильность, автор провёл соответствующие триботехнические испытания стальных образцов, для чего использовал роликовую машину трения СМТ-2. При этом схема испытаний была обычной — "ролик—ролик", контактные давления — 740 МПа, суммарная скорость v_{Σ} качения — 3,5 м/с и относительная скорость $v_{ск}$ проскальзывания — 0,7 м/с. Одновременно были проведены послойные рентгенографические исследования тонкого приповерхностного слоя стальных образцов с помощью модернизированной Дебаевской камеры РКД (в ней были изменены диафрагмирующая система, шкала отсчета углов, стопорное устройство, благодаря чему рентгеновский пучок, пройдя коллимационное устройство, под строго фиксированным углом падал на исследуемую поверхность образца).

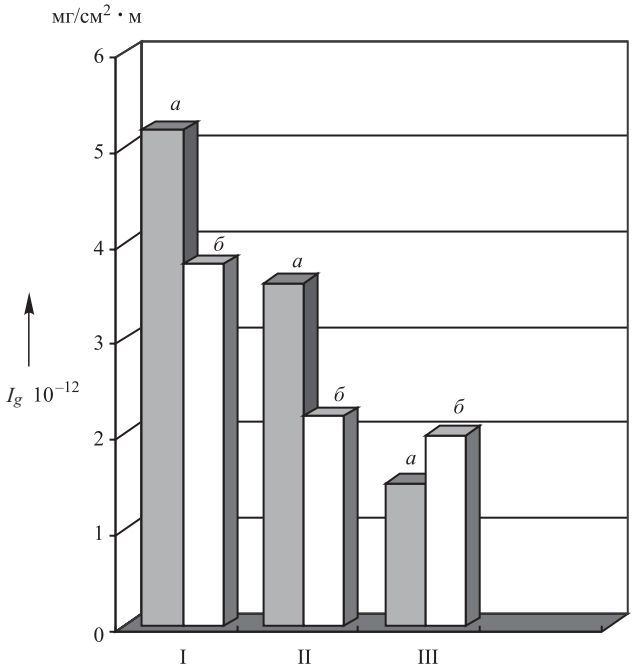

Рис. 1. Интенсивность изнашивания сталей 25ХГТ (а) и 18Х2Н4МА (б) в маслах по ТУ 32ЦТ-551-84 (I), ТСп-15гип (II) и ТАП-15В (III)

Рентгеноструктурному исследованию состояния структуры в тонком приповерхностном слое до и после триботехнических испытаний подвергались металлические образцы из сталей 25ХГТ и 18Х2Н4МА, которые имели следующие механические характеристики: $\sigma_т$ — 1100 и 850 МПа и $\sigma_в$ — 1500 и 1150 МПа соответственно. Твёрдость поверхностей трения образцов после нитроцементации, закалки и низкого отпуска составляла 58...60 HRC при шероховатости R_a = 1,25 мкм; микроструктура обоих образцов у поверхности была практически одинакова — мелкоигольчатый мартенсит, иногда со следами остаточного аустенита, количество которого уменьшается по глубине, что соответствует параметрам материала реальной зубчатой передачи.

Результаты триботехнических испытаний, т.е. зависимость износов сталей в различных трансмиссионных маслах (ТАП-15В, ТСп-14гип и в масле по ТУ 32ЦТ-551-84), приведены на рис. 1, а дифрактометрических исследований — на рис. 2 и 3, из которых видно, что поверхностные слои обеих сталей в исходном состоянии имеют весьма высокие плотности дислокационных скоплений, которые экспоненциально убывают по глубине исследуемого слоя толщиной 8 мкм (кривые *1* на рисунках). Эти рисунки, кроме того, показывают, что в исходном состоянии приповерхностные слои обеих сталей механических свойств по глубине приповерхностного слоя имеют значительный отрицательный градиент, что объясняется его наклепом после дробеструйной обработки поверхностей зубьев и адекватных роликовых образцов.

Проведенные автором работы [1] исследования кинетики структурного состояния приповерхностных слоев материала при трении позволяют на основании экспериментальных данных рентгенографического анализа определять истинные локальные напряжения $\sigma_{т(h)}$ течения в деформируемых трением приповерхностных слоях сталей по формуле:

$$\sigma_{т(h)} = \mu G b \rho^{0,5},$$

где $\sigma_{т(h)}$ — истинные значения предела текучести в исследуемом микрообъеме; μ — коэффициент; G — модуль сдвига; b — вектор Бюргерса; ρ — плотность дислокаций в исследуемом микрообъеме.

Метод определения плотности ρ дислокаций основан на квадратичной её зависимости от ширины рентгеновских линий β:

$$\rho = A \cdot \beta^2$$

(A — коэффициент, зависящий от упругих свойств материала, характеристик дислокации, или вектор Бюргерса, значение которого для алюминия, ванадия молибдена, железа и их сплавов составляет $\approx 2 \times 10^{16}$ см$^{-2}$).

В исходных состояниях структур сталей 18Х2Н4МА и 25ХГТ есть некоторые различия: на глубине относительной стабилизации структурных параметров (~6 мкм) плотность дислокаций у стали 25ХГТ выше (кривая *1* на рис. 2), чем у стали 18Х2Н4МА (кривая *1* на рис. 3). Эти различия, по-видимому, связаны с химическими составами этих сталей, а отсюда и различные прочностные характеристики их приповерхностных слоев при одинаковых режимах механической и химико-термической обработки образцов.

После 8 ч испытаний в трансмиссионных маслах ТАП-15В, ТСп-14гип и по ТУ 32ЦТ-551-84 приповерхностные слои образцов вновь подвергались рентгеноструктурному исследованию. Как видно из тех же рис. 2 и 3, качественная картина изменения ширины рентгеновских линий β (220) α-фазы и соответствующих им плотностей ρ дислокаций для обеих сталей, в общем-то, схожа. Все трансмиссионные масла в той или иной мере способствовали изменению дислокационной карт-

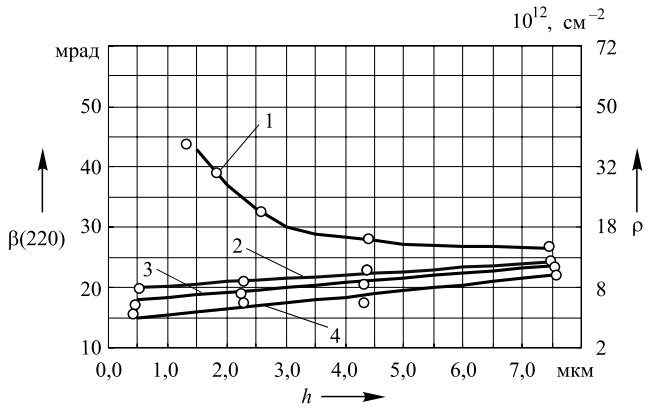

Рис. 2. Изменение ширины β рентгеновских линий α-фазы и плотности ρ дислокаций по глубине стали 25ХГТ до и после испытаний на трение:

1 — до испытаний; *2* — после испытаний в масле ТАП-15В; *3* — после испытаний в масле ТСп-14гип; *4* — после испытаний в масле по ТУ 32ЦТ-551—84

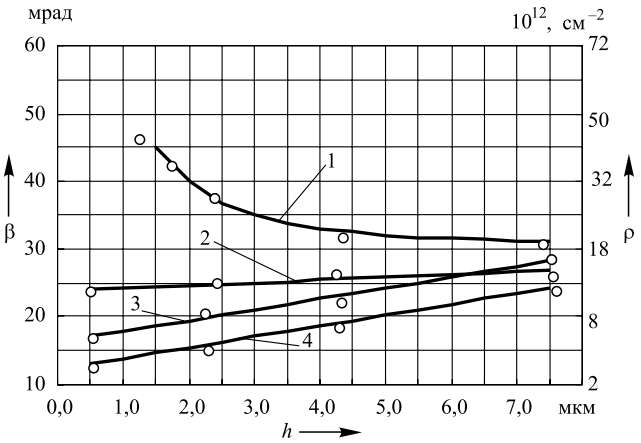

Рис. 3. Изменение ширины β (220) рентгеновских линий α-фазы и плотности ρ дислокаций по глубине стали 18Х2Н4МА до и после испытаний на трение:

1 — до испытаний *2* — после испытаний в масле ТАП-15В; *3* — после испытаний в масле ТСп-14гип; *4* — после испытаний в масле по ТУ 32ЦТ-551— 84

тины в тонких приповерхностных слоях той и другой стали: все масла снижают дислокационные плотности и соответствующую им механическую прочность, т.е. приповерхностные слои приобрели положительные градиенты механических свойств, что минимизирует вероятность объёмных вырывов с поверхностей трения при прорывах масляной пленки и схватывании поверхностей трения. Но эффективность масел разная. И не только непосредственно на поверхности трения, но и по глубине в приповерхностном слое: каждому смазочному маслу соответствует характерный только для него градиент изменения состояния структуры сталей. Следовательно, градиент изменения структуры в приповерхностном слое стали, выраженный через ширину β рентгеновских линий, является устойчивой оценочной характеристикой влияния внешней среды на распределение микромеханических характеристик в приповерхностном слое, деформируемом трением.

На рис. 4 представлены обобщенные зависимости характерных изменений ширины рентгеновских линий по глубине активного приповерхностного слоя стали после трения в различных смазочных маслах. На нём β_h соответствует ширине рентгеновских линий на максимальной глубине $h_в$ физико-химического влияния трибопроцессов в контакте, β_{01} и β_{02} — ширине рентгеновских линий на минимальном идентифицируемом расстоянии от поверхности после трения одинаковых стальных образцов в смазочных маслах, имеющих разную химическую активность при равных нагрузочно-скоростных параметрах трения.

Очевидно, что эти графики (прямые *1* и *2*) соответствуют градиентам изменения состояния структуры приповерхностных слоев сталей в зависимости от свойств используемого масла, а углы α_1 и α_2 между нормалью к поверхности и направлением изменения ширины рентгеновских линий β_{01} и β_{02} характеризуют количественную величину этих изменений. То есть изменение ширины β рентгеновских линий, глубина h влияния внешней среды и угол α полностью отражают физико-

химическое влияние смазочного масла на изменение микромеханических характеристик приповерхностного слоя, деформированного трением.

Этот вывод (а он очевиден) позволяет получить критерий *Ks* структурного состояния, который отражает влияние физико-химических процессов в смазываемом трибоконтакте на накопление и распределение несовершенств в кристаллической решетке (износоусталостные процессы) приповерхностного слоя, деформируемого трением:

$$Ks = \beta_h/(\beta_o \cos\alpha).$$

Результаты триботехнических и рентгенографических исследований (см. рис. 1...3) автор для наглядности свёл в таблицу, которая в комментариях не нуждается.

Для анализа связи между интенсивностью изнашивания стальных образцов в различных маслах и состоянием структуры в тонких приповерхностных слоях, выраженным через критерий *Ks* этих образцов, он построил также графики зависимости между этими параметрами (рис. 5) из которых видно, что интенсивность изнашивания сталей связана прямой зависимостью с критерием *Ks*. Такая связь — своя для каждой стали: тонкая кристаллическая структура приповерхностного слоя стали 25ХГТ более чувствительна к марке используемого смазочного масла, чем структура стали 18Х2Н4МА, что сказывается на интенсивности изнашивания.

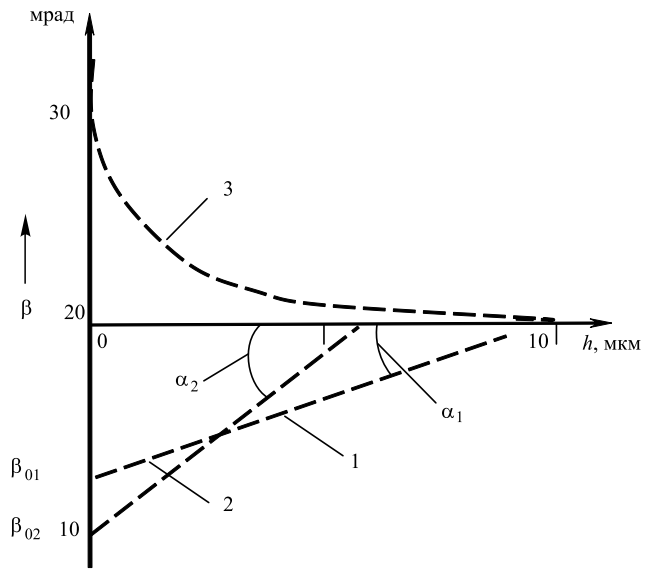

Рис. 4. Обобщенная зависимость изменений ширины β рентгеновских линий по глубине h приповерхностного слоя сталей 25ХГТ и 18Х2Н4МА после испытаний на трение в маслах с разной химической активностью:
1, 2 — после испытаний; *3* — в исходном (до испытаний) состоянии

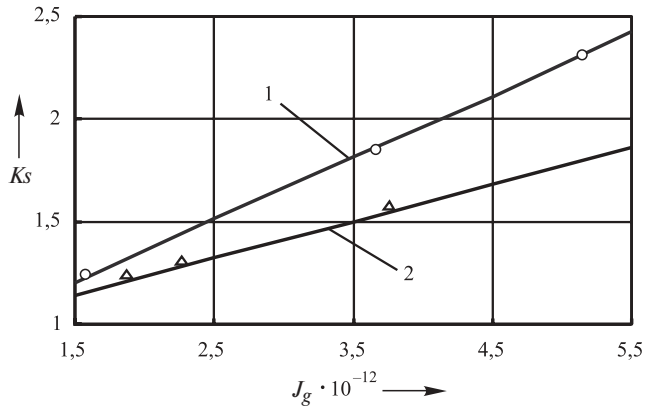

Рис. 5. Зависимость критерия Ks структурного состояния от интенсивности J_g изнашивания сталей 25ХГТ (1) и 18Х2Н4МА (2) в различных трансмиссионных маслах

Сталь	Смазочные масла	β_o, рад	β_h, рад	*Ks*	$J_g \cdot 10^{-12}$
25ХГТ	ТУ 32-ЦТ-551	13	30	2,347	5,2
	ТСп-14гип	17		1,791	3,6
	ТАП-15В	24		1,251	1,5
18Х2Н4МА	ТУ 32-ЦТ-551	15	25	1,676	3,8
	ТСп-14гип	18		1,395	2,2
	ТАП-15В	20		1,262	1,9

Таким образом, критерий *Ks* — инструмент, однозначно отражающий величину и знак градиента механических свойств (напряженного состояния структуры) в приповерхностном слое стали. Так, при $\beta_h > \beta_0$ критерий $Ks > 1$; при равенстве значений ширины рентгеновских линий как на глубине (β_h), так и у поверхности (β_o) критерий $Ks = 1$, а при $\beta_h < \beta_o$ критерий $Ks < 1$. Отсюда ясно, что при $Ks > 1$ приповерхностный слой металла имеет положительный градиент механических свойств, а при $Ks < 1$ — отрицательный. Следовательно, наиболее предпочтительное условие: $Ks = 1$, тогда градиент изменения механических свойств по глубине приповерхностного слоя будет равен нулю, что исключает когезионные вырывы фрагментов поверхности в условиях низкого трения. С другой стороны, $Ks = 1$ обеспечивает максимально высокие механические характеристики поверхности трения в области положительных градиентов механических свойств, препятствующих повышенному механохимическому износу.

Вопрос лишь в одном: как обеспечить $Ks = 1$? Ответ на него, в общем-то, известен: оптимальный подбор активных присадок к базовым маслам для конкретных сталей и режимов трения.

Таким образом, роль смазочного масла в трибопроцессе заключается также и в том, что физико-химическое его взаимодействие с поверхностью не позволяет накапливаться упругой энергии в тонком приповерхностном слое путем облегчения выхода дислокаций на поверхность, при котором микротрещины могут аннигилировать.

Литература

1. Костыгов В.Т. Оценка износостойкости смазываемых трибосопряжений по микромеханическим характеристикам приповерхностного слоя: Автореферат кандидата технических наук — Ростов н/Д, 2012. — 29 с.
2. Филипнова Н.А. Фазовый анализ руд и продуктов их переработки. 2-е изд. — М.: Химия, 1995. — 253 с.
3. Буяновский И.А., Захаров С.М. Смазка // Основы трибологии. — М.: Машиностроение, 2001. — С. 270...352.

УДК 621.113.066

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Канд. техн. наук **Ю.В. БАЖЕНОВ**, **В.П. КАЛЕНОВ**
Владимирский ГУ имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
(910. 770-55-64)

Предложены диагностические параметры, оценивающие техническое состояние электронных систем управления ДВС и закономерности их изменения.

Ключевые слова: *диагностический параметр, работоспособность, ЭСУД, датчик, наработка.*

Bazhenov Yu.V., Kalenov V.P.

ROVIDING EFFICIENCY OF ELECTRONIC ENGINE MANAGEMENT SYSTEMS

Suggested diagnostic parameters, evaluating the technical condition of the electronic control systems of the internal combustion engine and regularities of its changes.

Keywords: *diagnostic parameter, operation, electronic engine management systems, sensor operating time.*

Работой современного ДВС, как и большинства других узлов и механизмов автомобиля, управляет электронная система (ЭСУД), достоинства которой позволяют получить от него высокие мощностные показатели при одновременном снижении расхода топлива и соблюдении жестких экологических требований. Это достигается путем приготовления оптимальной по своему составу топливовоздушной смеси на всех режимах работы двигателя, точным дозированием ее подачи в цилиндры и своевременным воспламенением.

ЭСУД представляет собой довольно сложную и постоянно совершенствующуюся мехатронную систему: появляются все новые и новые конструктивные элементы, оптимизируются алгоритмы работы блока управления, программное обеспечение и т.д. Однако любые усложнения машины или механизма, как известно, снижают вероятность их безотказной работы. И ЭСУД с этой точки зрения — не исключение. Более того, для надежной работы этой системы нужны не только привычные для других систем меры (повышение надежности элементов конструкции, их дублирование и т.д.), но и меры, специфические. Дело в том, что при эксплуатации автомобиля протекающие в нем физико-химические процессы изменяют начальные свойства элементов ЭСУД и, как следствие, вызывают различные повреждения (изнашивание, загрязнение и старение, коррозионное разрушение контактов, повреждение изоляции и т.д.). Несвоевременное выявление и устранение таких повреждений может привести к отказу ЭСУД, нарушениям в работе двигателя, частичной или даже полной потере им работоспособности. При этом, как показывает опыт СТОА, затраты на устранение отказов, возникающих в режиме движения, намного превышают затраты на устранение неисправностей, выявленных и устраненных при техническом обслуживании. Уже хотя бы потому, что автомобиль при отказе ЭСУД, как правило, теряет способность двигаться, и его приходится доставлять на СТОА с помощью эвакуатора, стоимость услуг которого довольно высока. Это подтверждает и табл. 1, в которой приведена стоимость эвакуации неисправных АТС в г. Владимире и области. В итоге расходы на транспортировку АТС до СТОА могут составлять от 10 до 80 % общих затрат на восстановление отказавшего элемента, а в некоторых случаях они вполне сопоставимы с ними. Например, затраты, связанные с заменой неисправного датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля "Пежо 408", составляют (по данным прайс-листа ЗАО "АТ ФРАНС" на 1.05.2015 г.). 2000 руб., а стоимость услуг эвакуатора при среднем расстоянии доставки автомобиля до СТОА 30 км — 1900 руб.

Сложившаяся ситуация делает проблему существенного повышения эксплуатационной надежности и снижения затрат на проведение работ по восстановлению работоспособности конструктивных элементов ЭСУД особенно актуальной. И ее решение видится в одном — во внедрении регламентного выполнения контрольно-диагностических работ ЭСУД при плановом проведении ТО автомобилей и своевременном устранении появившихся в ней неисправностей. В действующем сейчас техническом регламенте обслуживания ЭСУД эти операции отсутствуют: в процессе проведения ТО проверяются лишь коды неисправностей, хранящиеся в памяти электронного блока управления, и только при их наличии осуществляются контрольно-диагностические операции в соответствии с "Инструкцией по эксплуатации" завода-изготовителя. При отсутствии кодов неисправностей в памяти блока ЭСУД априори считается исправной. Что некорректно. Ведь бортовая система самодиагностирования автомобиля не может выявить скрытые неисправности: даже такой совершенный блок управления заносит в свою память код неисправности только при выходе какого-либо диагностического параметра из заданного в программе нормативного интервала.

Вывод очевиден: для уменьшения числа отказов, выявления скрытых дефектов и обеспечения требуемого

Таблица 1

Территория	Масса эвакуируемого АТС, т	Стоимость работ	
		при продолжительности до 1 ч (базовый тариф)	за каждые 10 мин, превышающие 1 ч
г. Владимир	До 1,5	1000 руб.	150 руб.
	1,5...2,0	1200 руб.	150 руб.
	2,0...4,0	1400 руб.	150 руб.
За пределами города	До 1,5	Базовый тариф + 30 руб./км	
	1,5...2,0	Базовый тариф + 35 руб./км	
	2,0...4,0	Базовый тариф + 37 руб./км	

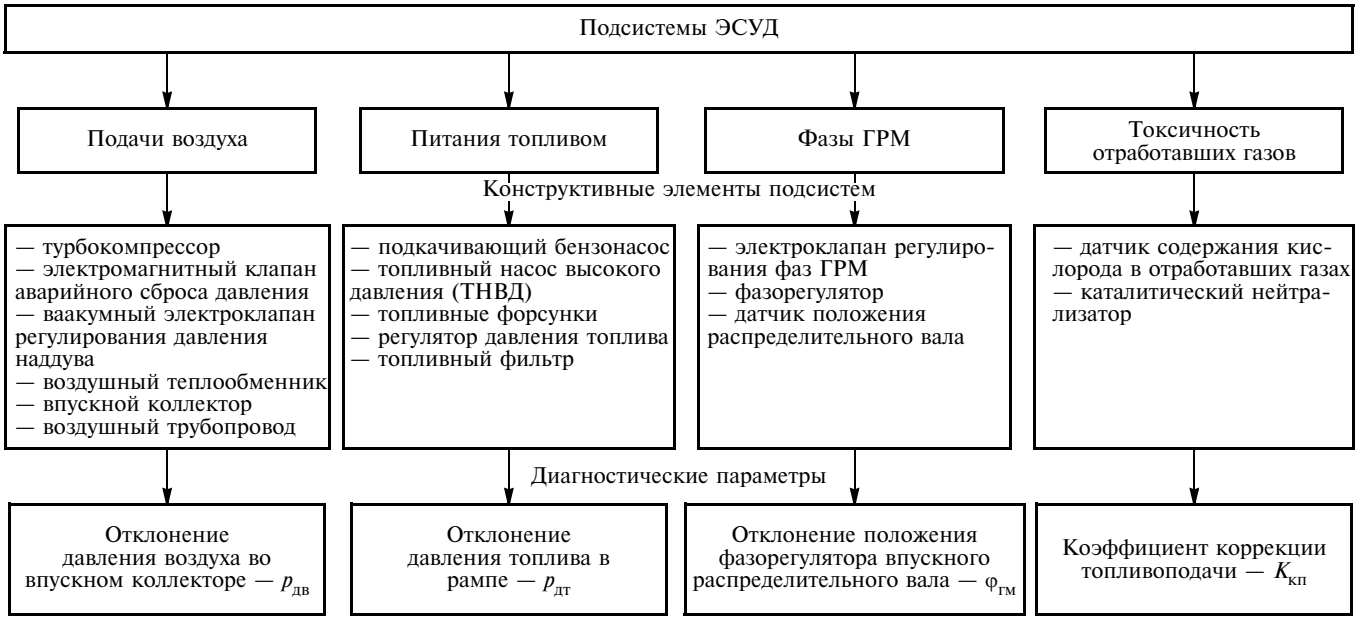

Рис. 1. Структурная схема подсистем ЭСУД и оценивающих их диагностических параметров

уровня надежности ЭСУД в эксплуатации необходимо периодически проводить оценку технического состояния ее элементов.

Конечно, диагностирование ЭСУД — один из самых сложных видов работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, поскольку многие ее элементы не имеют признаков наступления неисправности и носят скрытый характер. ЭСУД включает в себя от 30 до 90 конструктивных элементов и контроль состояния каждого из них при проведении ТО автомобиля — это очень большие затраты времени и труда. Однако их, как показывает опыт, можно существенно уменьшить, если структурную схему ЭСУД разделить на несколько подсистем, каждая из которых может быть оценена одним диагностическим параметром, отражающим техническое состояние входящих в нее конструктивных элементов. Так, на рис. 1 приведен пример такого разделения для наиболее распространенных в настоящее время ЭСУД. Как видим, здесь получается четыре подсистемы, для каждой из которых есть вполне конкретный диагностический параметр. Поэтому все дело сводится к назначению номинального, предельного и допустимого значений этих параметров. И эту задачу, очевидно, должны решать разработчики ЭСУД и записывать в "Инструкцию по эксплуатации" завода-изготовителя. При этом под номинальным значением параметра должно пониматься его значение, соответствующее новой технически исправной ЭСУД, а под предельным — потерю ею работоспособности, т.е. наступлению отказа.

При таком подходе электронный блок управления в процессе работы двигателя постоянно контролирует текущие значения диагностических параметров и сравнивает их значения с предельными нормативами. При достижении каким-либо из них предельного значения блок управления заносит в свою память соответствующий код неисправности, а на панели загорается контрольная лампа, которая информирует водителя о наступлении отказа подсистемы.

Что же касается контрольно-диагностических работ по ЭСУД на СТОА, то здесь в качестве нормативов целесообразно использовать не предельные, а *допустимые* значения диагностических параметров, т.е. значения, при которых обеспечивается необходимый уровень безотказной работы на заданной наработке. При этом для прогноза такой работы необходимо иметь не только нормативные значения диагностических параметров, но и закономерности их изменения по наработке. Что авторы и осуществили, основываясь на результатах выполненных на базе владимирского дилерского центра "Пежо" статистических исследованиях эксплуатационной надежности ЭСУД двигателей "1.6 VTi Tiptronic" (88 кВт) и "1.6 THP Turbo Tiptronic" (110 кВт), выпускаемых в России. Эти исследования позволили построить графики изменения всех четырех диагностических параметров, приведенных на рис. 1, с помощью программы Microsoft Office Excel и получить аналитические уравнения, описывающие эти закономерности. Пример такого графика (изменение отклонения давления воздуха во впускном коллекторе от заданного блоком управления по наработке), приведен на рис. 2, из которого видно, что отклонение давления по мере наработки автомобиля постепенно увеличивается. Это обусловлено тем, что при эксплуатации АТС в ЭСУД возникают и накапливаются различные повреждения: износы в подшипниках оси крыльчатки турбокомпрессора, деформации ее лопастей, загрязнение и старение чувствительного элемента датчика давления, закупоривание сот каталитического нейтрализатора (уменьшение их проходного сечения), утечка воздуха вследствие разгерметизации системы впуска и т.д. Все эти факторы оказывают отрицательное влияние на величину $p_{дв}$ и при достижении определенной на-

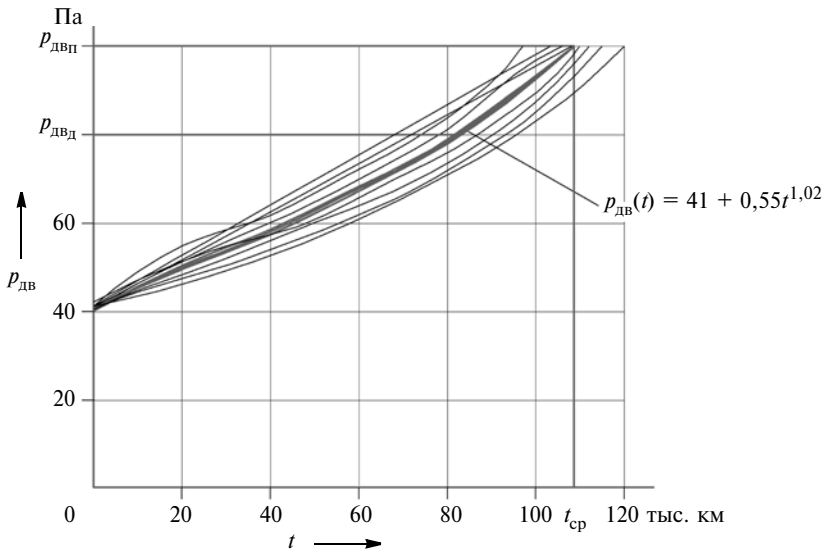

Рис. 2. График изменения отклонения давления воздуха во впускном коллекторе от заданного блоком управления по наработке:

$p_{дв_п}$ — предельное значение диагностического параметра; $p_{дв_д}$ — его допустимое значение; $t_{ср}$ — средняя наработка до отказа подсистемы

работки приводят к выходу данного параметра за предельный норматив ($10 \cdot 10^3$ Па, или 0,1 кгс/см^2), т.е. потере ЭСУД работоспособного состояния.

На величину наработки автомобиля до отказа подсистемы подачи воздуха наряду с качеством проектирования и изготовления ЭСУД оказывают влияние и условия его эксплуатации, качество используемых эксплуатационных материалов, квалификация водителя и др. Поэтому наработка t на отказ варьируется в широких пределах при среднем ее арифметическом значении $t_{ср}$ = 107 тыс. км. Аналитическое же уравнение, описывающее закономерность изменения диагностического параметра $p_{дв}$ по наработке с достаточной степенью точности описывается формулой № 1 (табл. 2). Входящий в нее показатель степени α определяется опытным путем на основе обработки статистических данных. В нашем случае α = 1,02.

Интенсивность ν изменения параметра $p_{дв}$ по наработке определяется по формуле № 2. В нашем случае $p_{дв_н}$ = 0,01 мПа (0,1 кгс/см^2), $p_{дв_д}$ = 0,0041 мПа (0,041 кгс/см^2), значит, ν = 0,0055 мПа/тыс. км (0,0555 кгс/см^2 · тыс. км).

Зная периодичность t_0 проведения технического обслуживания (для автомобилей "Пежо" t_0 = 20 тыс. км), величину предельного норматива $p_{дв_н}$ и скорость ν изменения параметра по наработке, значение допустимого норматива $p_{дв_д}$ определяется из формулы № 3. В нашем случае $p_{дв_д} = 0{,}55 \cdot 1{,}02 \cdot 100 \cdot 0{,}55 =$ = 0,008 мПа (0,08 кгс/см^2). Три других диагностических параметра рассчитываются аналогичным образом. Их нормативные значения приведены в табл. 3.

Полученные значения предельных и допустимых нормативов диагностических параметров являются необходимыми элементами в системе обеспечения работоспособного состояния ЭСУД при проведении контрольно-диагностических операций на СТОА: выход фактических параметров за пределы допуска, вызываемый неисправностями, служит основой для принятия решения о проведении технических воздействий на ЭСУД (операций углубленного диагностирования, регулировок, ремонта и т.д.). Например, при прохождении автомобилем "Пежо 408" ТО-4 (наработка 80 тыс. км) были получены следующие значения диагностических параметров, оценивающих техническое состояние

Таблица 2

№ формулы	Формула	Примечания
1	$p_{дв}(t) = t_0 + \nu t^{\alpha}$	t_0, t — начальное и текущее значения $p_{дв}$; ν — интенсивность изменения параметра по наработке; α — показатель степени, определяющий характер и степень зависимости $p_{дв}$ от наработки
2	$\nu = \dfrac{p_{дв_п} - p_{дв_н}}{t_\nu}$	$p_{дв_н}$ — начальное значение диагностического параметра; t_ν — наработка подсистемы подачи воздуха от начала эксплуатации до отказа
3	$p_{дв_д} = \nu\left(\sqrt[\alpha]{\dfrac{P_{дв_п}}{\nu}} - t_д\right)$	$t_д$ — наработка АТС между очередными ТО
4	$p(t) = \dfrac{N-n}{N}$	N — число работоспособных ЭСУД на начало наблюдений; n — число отказавших ЭСУД после наработки 100 тыс. км

Таблица 3

Диагностический параметр	Нормативное значение диагностического параметра		
	начальное	допустимое	предельное
$p_{дв}$, МПа (кгс/см^2)	0,0041 (0,041)	0,0080 (0,08)	0,01 (0,1)
$P_{дт}$, МПа (кгс/см^2)	0,0003 (0,003)	0,0007 (0,007)	0,0009 (0,09)
$\varphi_{гм}$, град. п.к.в.	2	5	7
$K_{кп}$, %	1,5	5,5	6,2

подсистем ЭСУД: $p_{дв}$ = 0,09 МПа (0,9 кгс/см^2); $p_{дт}$ = 0,3 МПа (3 кгс/см^2); $\varphi_{гм}$ = 3°; $K_{кп}$ = 5,8 %.

Как видно из результатов измерений, параметры $p_{дв}$ и $K_{кп}$ вышли за пределы допустимых значений, и вероятность безотказной работы ЭСУД достигла крайне низкого уровня. Статистическую ее оценку $P(t)$ на наработке от 80 тыс. км до следующего планового обслуживания (100 тыс. км) дает формула № 4. В нашем случае N = 190 и n = 166, значит, $P(t)$ = 0,12. То есть без проведения необходимых технических воздействий при дальнейшей эксплуатации автомобиля до его следующего планового ТО в ЭСУД с вероятностью $F(t)$ = 0,88 произойдет отказ. Поэтому в процессе ТО на данном автомобиле необходимо провести углубленное диагностирование подсистем подачи воздуха и снижения токсичности отработавших газов с целью выявления и устранения возникших в них повреждений. Это диагностирование необходимо выполнять по методике, включающей следующие позиции.

1. Визуально осмотреть и убедиться в отсутствии повреждений и разгерметизации воздушных патрубков, впускного и выпускного коллекторов, теплообменника (интеркуллера), клапана аварийного сброса давления, вакуумных трубопроводов, электромагнитного клапана регулирования давления наддува, каталитического нейтрализатора, глушителя.

2. Проверить соединения воздушных патрубков с турбокомпрессором, впускным коллектором и теплообменником на предмет возможных утечек воздуха.

3. Осмотреть крыльчатку турбокомпрессора и убедиться в отсутствии ее повреждений (деформации, погнутости лопастей), а также люфта оси крыльчатки турбокомпрессора.

4. На работающем двигателе с помощью диагностического сканера проконтролировать электромагнитный клапан регулирования давления наддува и каталитического нейтрализатора.

5. Измерить давление отработавших газов в выпускной системе на участке от выпускного коллектора до каталитического нейтрализатора: оно не должно превышать 1500 Па (0,15 кгс/см^2).

6. Измерить электрическое сопротивление подогревательного элемента датчика кислорода. Оно должно составлять 8...10 Ом.

7. Проверить электропитание датчика давления воздуха, верхнего и нижнего кислородных датчиков и провести их визуальный осмотр на наличие загрязнений. При необходимости заменить неисправные датчики.

В результате выполненных контрольно-диагностических работ на рассматриваемом автомобиле были выявлены следующие неисправности ЭСУД: люфт в подшипниках оси крыльчатки турбокомпрессора, загрязнение чувствительного элемента

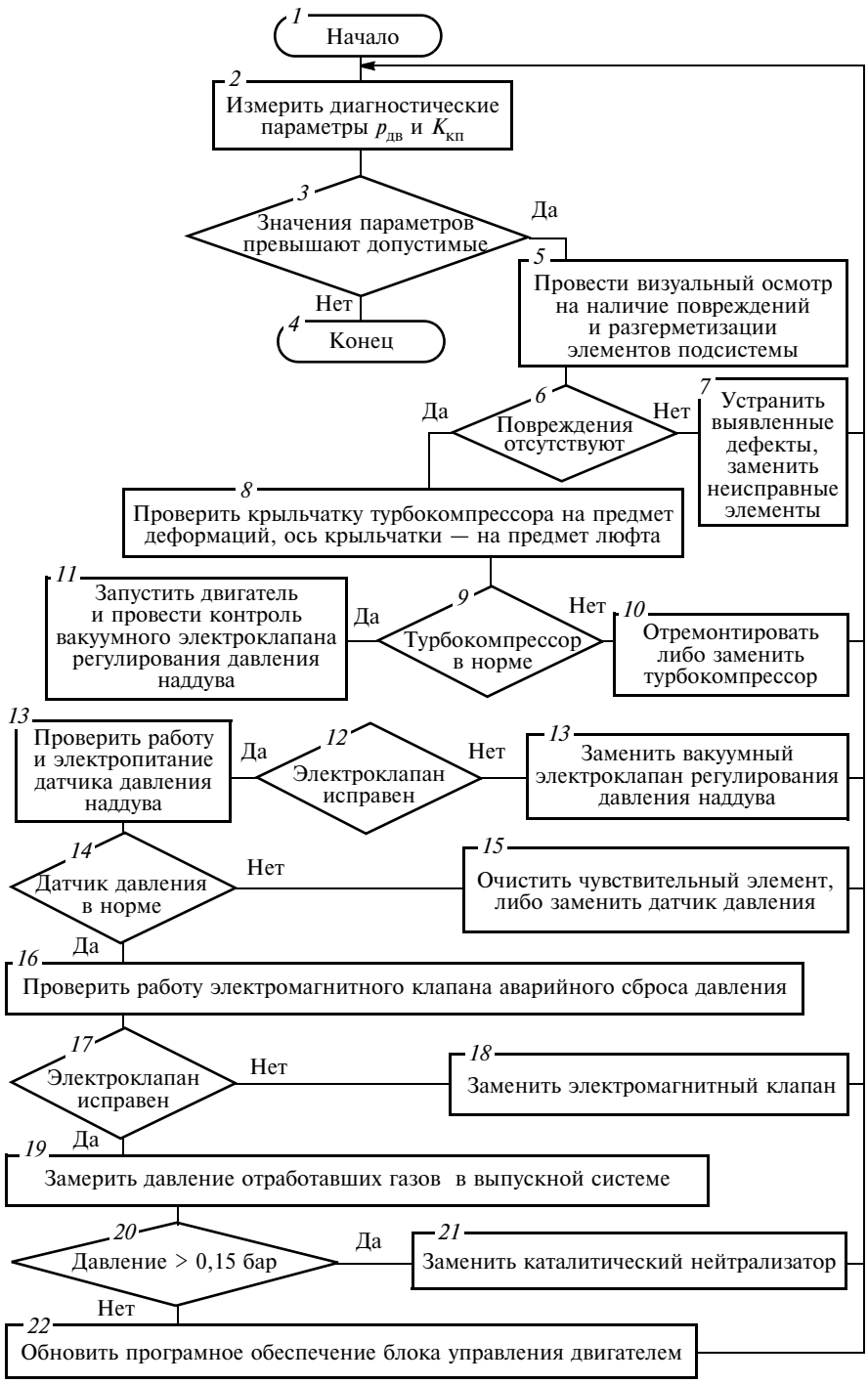

Рис. 3. Алгоритм диагностирования подсистем подачи воздуха и снижения токсичности отработавших газов ЭСУД

датчика давления воздуха на впуске, износ щеточного узла электронасоса охлаждения турбокомпрессора, окисление контактов разъема верхнего кислородного датчика. После их устранения (замены турбокомпрессора, электрического насоса, очистки чувствительного элемента датчика давления наддува и контактов разъема кислородного датчика с нанесением на них защитной смазки) был проведен повторный контроль параметров $p_{дв}$ и $K_{кп}$, который показал, что значения этих параметров находятся в допустимых пределах ($p_{дв}$ = 0,045 МПа, или 0,45 кгс/см^2, $K_{кп}$ = 2,6 %).

Диагностирование подсистем ЭСУД осуществляют в соответствии с алгоритмами, устанавливающими рациональную последовательность контрольных, регулировочных и других операций по выявлению и устранению возникающих в процессе эксплуатации повреждений. В качестве примера на рис. 3 представлен алгоритм диагностирования подсистемы подачи воздуха ЭСУД.

Рассмотренные выше методика и алгоритмы поиска неисправностей в ЭСУД внедрены в технологические процессы ТО и ремонта владимирского дилерского центра "Пежо". Их использование позволило существенно снизить затраты на поддержание автомобилей в работоспособном состоянии за счет своевременного обнаружения и устранения возникающих в системе повреждений.

Литература

1.Гусев В.Г. Теория и практика планирования многофакторных экспериментов: учебное пособие. — Владимир: ВлГУ. 2010. — 107 с.

2.Набоких В.А. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов: учебное пособие. — М.: ФОРУМ. 2013. — 288 с.

3.Тюнин А.А. Диагностика электронных систем управления двигателями легковых автомобилей: учебное пособие. — М.: Солон-Пресс. 2007. — 352 с.

4.Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебное пособие. — М.: Машиностроение, 2007. — 656 с.

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 629.113.07

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ BDOHC ПРИ ИХ ХОЛОДНОМ ИСПЫТАНИИ

Канд. техн. наук **Ж.Ш. ИНОЯТХОДЖАЕВ**

ЗАО "Дженерал Моторс Пауэртрейн Узбекистан" (+998 71 240-34-23)

Описана методика определения качества автомобильных двигателей при их испытаниях на стендах без зажигания, вращаемых ведущим мотором стенда холодного теста.

Ключевые слова: *холодный тест, датчики двигателя, датчики испытательного стенда, анализ характеристик двигателя, сортировка по показателям.*

Inoyatkhodjaev J.Sh.

BDOHC ENGINES QUALITY DEFINITION METHOD DURING COLD TEST

Vehicle's engines quality definition method during test on machines without ignition, rotating by driving motor - cold test machine are described.

Keywords: *cold test, engine's sensors, test machine sensors, engines characteristics analyze, sorting by index.*

На разных этапах производства современных двигателей внутреннего сгорания предусмотрено множество операций контроля качества его деталей, подсборки и окончательной сборки. Так называемые ворота качества (*quality gate*) — это станция проверки качества, где проверяется 100 % продукции, проходящей через конвейер, и исключено прохождение брака на следующую станцию. Одни из таких ворот — "холодное испытание" (*cold test*), являющееся последней автоматической станцией проверки абсолютно всех изготовленных двигателей. После холодного теста 100 % двигателей проверяют только визуально перед отгрузкой, и лишь 10...20 % подвергаются еще "горячему испытанию". Таким образом, именно холодное испытание служит главным индикатором качества произведенной продукции и всего производственного процесса.

Холодное испытание — процесс относительно новый, ставший возможным благодаря использованию множества сенсоров и мехатронных элементов, позволяющих максимально достоверно имитировать работу двигателя. Сегодня все современные предприятия выпускающие двигатели внутреннего сгорания, пользуются холодным испытанием двигателей (рис. 1).

Холодная обкатка двигателя может выполняться при различных частотах вращения коленчатого вала, в том числе и при небольших, порядка 60...120 мин$^{-1}$. Это позволяет судить о качестве сборки и сопряжении узлов, обработки рабочих поверхностей, изменении показателей в переходный период (во время изменений нагрузок и частоты вращения коленчатого вала) даже отдельно по каждому цилиндру; дает возможность анализировать динамические и статические свойства (функционирование электронных датчиков и катушек зажигания при отсутствии вращения). При этом, по сравнению с горячей обкаткой, холодная обкатка — процесс относительно недорогой и требует меньше времени. Холодная обкатка двигателя может быть максимально автоматизирована при минимальном при-

Рис. 1. Стенд холодного тестирования двигателей

влечении операторов в процесс испытания.

Оборудование для холодного испытания двигателей представляет собой машину, состоящую из электропривода, датчиков (давления, шума, вибрации и др.) и вспомогательных устройств. Электродвигатель вращает коленчатый вал испытуемого двигателя во всем диапазоне частот — от предельно высоких до очень низких. Оборудование позволяет получить и обработать необходимую информацию о двигателе менее чем за 2 мин.

Анализ результатов холодного тестирования — сложный научно-аналитический процесс, созданный в результате многолетней работы и включающий множество фундаментальных расчетов. Данные подаются на систему автоматического контроля путем визуализации в графическом и цифровом виде. Значения могут быть относительными или абсолютными. Обычно процесс подачи, обработки и принятия решения о качестве двигателя программируется поставщиком оборудования на основе предоставляемого производителем испытуемого двигателя характеристик и ожидаемых результатов испытания.

Для дальнейшего анализа последующих образцов нужно ввести окна, в рамках которых кривая должна соответствовать критериям контроля, чтобы относящийся к этой кривой образец можно было обозначить как "ВП", если все критерии были выполнены, или как брак, если один из критериев не выполнен. В качестве контрольных критериев используются математические функции. Так, в пределах выбранной области рассчитывается абсолютное **максимальное значение**, которое сравнивается с эталонным значением (например, максимальное давление масла, уровень шума); аналогично рассчитывается и сравнивается с эталонным абсолютное **минимальное значение** (крутящий момент, давление масла, давление во впускном коллекторе); рассчитывается и сравнивается с эталонным **среднее значение** выбранной области (уровень шума за весь цикл работы). Разница между абсолютным максимальным и абсолютным минимальным значениями в пределах выбранной области — **значение расхождения** — также сравнивается с эталонным значением. В зависимости от настроек открываемого окна списка рассчитывается либо абсолютная разница без учета увеличения, либо относительный дифференциал, это значит, что разница рассчитывается с учетом позиции. Если положительное значение относительно оси *x* расположено перед отрицательным, то разница получается отрицательной, в противном же случае — положительной (крутящий момент на малых оборотах во время сжатия и расширения).

Кроме того, рассчитывается **интеграл** — зона под кривой в пределах выбранной области. Если кривая лежит выше нуля, то интеграл положителен, если ниже, — отрицателен. В зависимости от настроек открывающегося окна списка выдается либо абсолютный интеграл (добавление значения всех делительных поверхностей), либо "обычный", когда все отдельные делительные поверхности только суммируются (в основном используется при испытании двигателей с турбонадувом). Определяются все **переходы через нуль**, расположенные в данной области (число импульсов или сигналов с различных датчиков), **время/образец:** пороговые значения для верхней и нижней границы (*y*-область). Определение временных интервалов осуществляется в пределах пороговых значений, указанных в *y*-области, путем превышения или недостижения первого порогового значения, а выключается в момент превышения или недостижения второго порогового значения (время срабатывания соленоидов или других исполнительных устройств двигателя).

Также рассчитываются в пределах выбранной области и сравниваются с эталонным значением три **положения значений**: **абсолютного максимального** (открытие дросселя или клапанов), **абсолютного минимального** (разряжение в цилиндре при открывании выпускного клапана) и **положение перехода через нуль**, по которому можно определить "смещение" кривой (продолжительность максимального уровня шума или вибрации).

Существует возможность **обработки кривых в пределах огибающей** кривой. Для выбора есть абсолютная огибающая кривая с отклонениями в значении с единицей измерения или в относительном отклонении от среднего значения (при проверке герметичности камеры сгорания).

Значения данных выводятся на монитор самого оборудования во время испытания либо после испытания на монитор ремонтной станции (рис. 2, 3). Анализ измеренных величин представляет собой систему накопления данных измерений со стендов испытания двигателей и анализирующих их отклонения от заданных величин. Передача осуществляется через созданный стендом испытания двигателя файл *ASCII* с жесткой структурой. Главная задача состоит в том, чтобы выбрать из объема данных измерений области и провести через них различные оцен-

ки и расчеты. Результаты, таблицы параметров и диаграммы, отображаются на мониторе или распечатываются. Возможен экспорт полученных данных. Система реализована таким образом, чтобы многие анализаторы могли действовать на центральной базе данных.

В чем заключается метод анализа с помощью накопленных данных?

В системе знаний логического контроллера накапливаются данные множества испытаний, проведенных на данной машине. Каждая характеристика двигателя часто связана с несколькими выходными параметрами. Например, давление внутри цилиндра характеризует не только сопряжение деталей ГРМ и КШМ, но и мощностные показатели. Такие параметры разделяются инженером в соответствующие виртуальные корзины. Когда двигатель не проходит испытание по тому или иному показателю (или приходит рекламация со следующих станций, или от клиентов), база данных корректирует пределы. Тем самым с каждым последующим двигателем система холодного тестирования самосовершенствуется и "учится" анализировать показатели испытуемых ДВС.

Этот метод накапливает информацию о двигателях, систематизирует ее, формирует базу данных и выдает потребителю в запрашиваемом виде. Это напоминает принцип работы современных электронных блоков управления двигателем, трансмиссией, подвеской. Например, анализируя давление впуска в различных цилиндрах при различных оборотах, несложно отследить процессы внутри цилиндров даже без тепловых изменений (горения смеси) и сделать выводы о техническом состоянии клапанов, толкателей и поршневой группы (рис. 4).

Научной основой данного вопроса является сам процесс анализа характеристик двигателя, которые рассчитываются на основе введенных формул. За 45 с машина проверяет более 40 характеристик двигателя. Новым в этом процессе является современный метод "черного ящика", основанный на накоплении данных проверки двигателей, полученных по различным локальным каналам PLC, а также по глобаль-

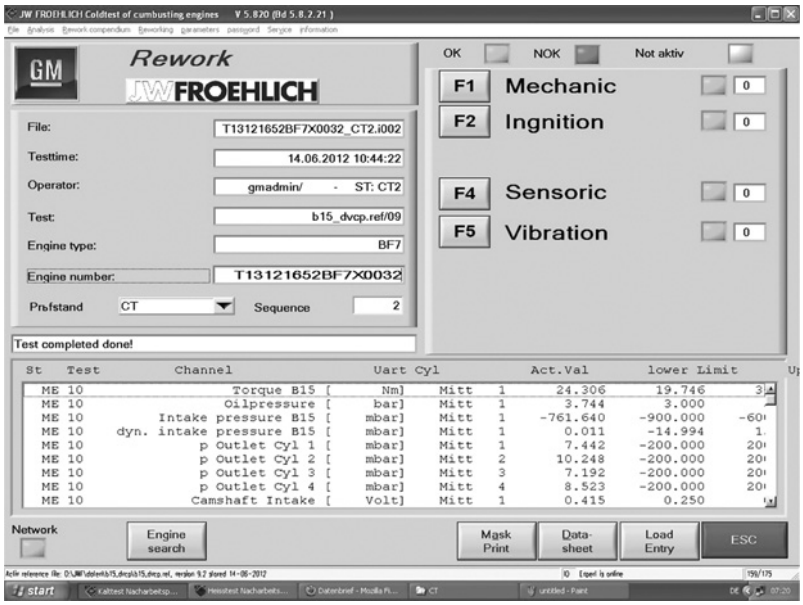

Рис. 2. Главная панель программы холодного испытания

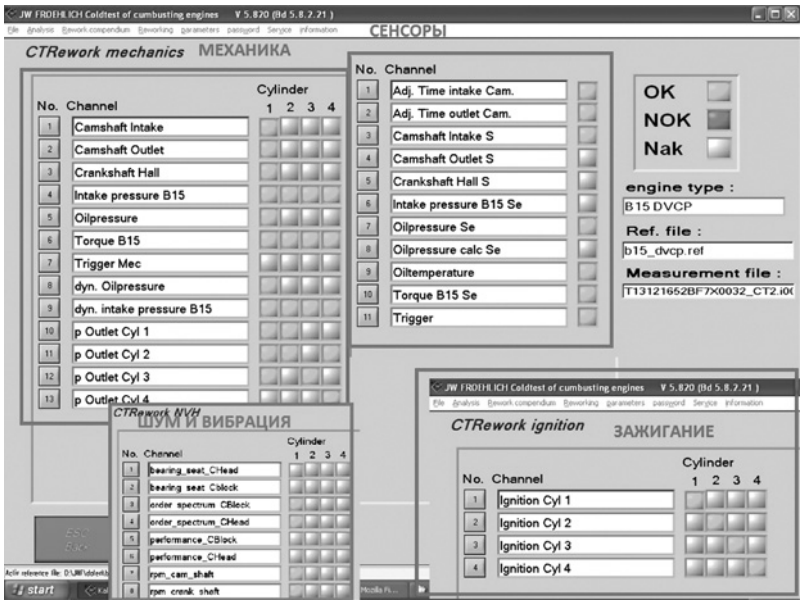

Рис. 3. Список проверяемых параметров двигателя

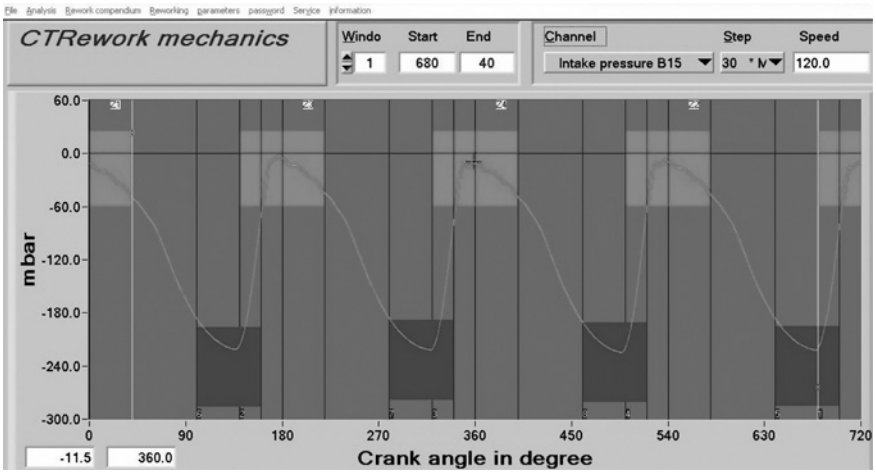

Рис. 4. График изменения давления впуска с минимальными и максимальными допусками

ным каналам *Quality assurance* (заводы, производящие ту же продукцию и отзывы клиентов).

Несмотря на вышеизложенные преимущества, холодное тестирование на основе "умных" средств анализа имеет недостаток. Это — необходимость своевременной и четкой калибровки датчиков стенда минимум один раз в полгода. Неправильная калибровка может стать причиной массовой сортировки годных двигателей в брак, что остановит конвейер и существенно снизит показатели *FTQ (first time quality)* — процент годных двигателей без повторной доработки и тестирования. Эта проблема устраняется с помощью калибровки датчиков стенда на эталонных двигателях с известными характеристиками.

Методика проведения холодных испытаний приемлема практически для всех типов современных ДВС с мехатронными модулями (актуаторами и датчиками).

ИНФОРМАЦИЯ

"КОМТРАНС — 2015"

В сентябре в московском выставочном центре "Крокус-экспо" состоялось главное событие года в области коммерческого автотранспорта — прошел очередной Международный грузовой автосалон "Комтранс". В этом году выставка впервые проведена компанией "ITEMF Expo", созданной в равных долях крупнейшими международными выставочными организаторами "Мессе Франкфурт" и Группой компаний ITE. Организатором выставки также выступило НП "Объединение Автопроизводителей России". Мероприятие прошло при поддержке Международной организации автопроизводителей OICA, Комитета Государственной Думы Российской Федерации по транспорту, Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Министерства транспорта Российской Федерации, Ассоциации Европейского Бизнеса, Министерства экономического развития Российской Федерации, Российского автотранспортного союза и Общероссийской Общественной организации "Союз машиностроителей России".

В выставке приняли участие 198 компаний-производителей коммерческого автотранспорта, комплектующих и запчастей из 12 стран: России, Белоруссии, Украины, Германии, Турции, Китая, Кореи, Японии и других стран мира. Общая площадь выставки превысила 41 тыс. м^2. За 5 дней работы выставку посетили 16 173 специалиста автотранспортной отрасли и 225 представителей средств массовой информации российских и международных изданий.

В церемонии торжественного открытия выставки "Комтранс-2015" приняли участие почётные гости: председатель Совета НП "Объединение автопроизводителей России", генеральный директор ПАО "КамАЗ" Сергей Когогин; заместитель директора Департамента транспортного и специального машиностроения Министерства промышленности и торговли Российской Федерации Евгений Кудряшов; депутат Государственной Думы Российской Федерации, председатель Экспертного Совета по инновационному развитию автомобильной промышленности и спецтехники при Комитете Государственной Думы по промышленности Альфия Когогина; заместитель директора Департамента государственной политики в области автомобильного и городского пассажирского транспорта Министерства транспорта Российской Федерации Алла Сологубова; генеральный директор "Ассоциации Европейского Бизнеса" Франк Шауфф и др.

Ведущие российские и мировые производители подготовили к выставке десятки премьер. За день до открытия выставки, 7 сентября, для представителей прессы был организован официальный пресс-день, в рамках которого компании Группа ГАЗ, "Мереседес-Бенц тракс энд басс", "Фузо", АО "Мерседес-Бенц РУС", "МАН-трак энд бас Рус",

"Скания", "Соллерс-Исудзу", Рено-тракс", "Вольво-тракс", ПАО "УАЗ", ФИАТ-профешенел", ООО "Форд Соллерс Холдинг", "Раберт Бош", "ДонФенг", "ИВЕКО Россия" провели презентации новых моделей, а также организовали брифинги для представителей прессы.

Основными ньюсмейкерами выставки стали отечественные производители коммерческой автотехники — Группа ГАЗ и ПАО "КамАЗ". На выставке были представлены новинки международных производителей коммерческого транспорта: "Вольво Тракс", "Рено Тракс", АО "Мерседес-Бенц Рус", ООО "Мерседес-Бенц Тракс Восток", грузовые автомобили "Фузо", автобусы "Мерседес-Бенц", "Сетра", "Скания", МАН, "Ситроен", ИВЕКО, "Форд", "Пежо", "Крайслер-ФИАТ", Соллерс-Исудзу".

В рамках автосалона с успехом прошли деловые мероприятия, практические семинары и конференции с участием ведущих специалистов автотранспортной отрасли, затрагивающие вопросы производства и эксплуатации коммерческого автотранспорта, вопросы лизинга и утилизации, безопасности перевозок, а также основные тенденции развития "грузового" рынка России и многое др. "САМТ-фонд" представил 92-ую конференцию "Сертификация спецавтотранспорта, коммунальных, строительных, строительно-дорожных машин и оборудования". Экспертный центр "Движение без опасности" осветил современные тенденции в обеспечении безопасности на грузопассажирском транспорте. Свои мероприятия также провели ПАО "КамАЗ", "Шмитц Каргобул", "Континенталь", "Термо-Кинг Рус" и др.

Ключевым событием выставки стала 15-я ежегодная церемония на-

граждения победителей конкурса "Лучший коммерческий автомобиль года в России". По традиции профессиональное жюри, в состав которого входят ведущие российские журналисты, выбирало победителей в пяти номинациях: "Грузовик года", "Фургон года", "Автобус года", "Перспектива года" и "Специальный приз". "Грузовиком года" объявлен среднетоннажный автомобиль "ГАЗон-Нэкст", титул "Фургон года" достался новому автомобилю "Форд Транзит". Второе место занял магистральный тягач "Рено Т", обладатель престижного европейского титула "*International Truck of the Year 2015*". На третьем месте оказался ещё один автомобиль Группы ГАЗ — бескапот-

ный "Урал-М". Симпатии жюри при выборе лучшего автобуса разделились между городским "Мерседес-Бенц Коннекто" и туристическим "Скания Иризар i6". Тем не менее титул "Автобус года" получил "Мерседес", а третье место жюри присудило российскому ЛиАЗу-529260. В номинации "Перспектива года" за победу боролись коммерческие модели, только выходящие на российский рынок. С заметным преимуществом победу одержал новый цельнометаллический фургон "ГАЗель-Нэкст". Специальный приз за успехи в освоении российского рынка жюри присудило Группе ГАЗ, второе место "Вольво Тракс", замыкали тройку лидеров в этом соревновании автопроизводителей совместное российско-итальянское СП "ИВЭКО-АМТ".

"МИМС АВТОМЕХАНИКА — 2015"

В конце августа в московском "Экспоцентре" прошла 19-я Международная выставка запасных частей, автокомпонентов, оборудования и товаров для технического обслуживания автомобилей "*MIMS Automechanika Moscow*". Организаторами выступили Группа компаний ITE, и "МессеФранкфурт РУС". В этом году выставка объединила 1 127 экспонентов из 35 стран мира. В выставке приняли участие крупнейшие российские и зарубежные компании — лидеры рынка: "Ауди", "Ашика", "Асимо", "Бош", "Брембо", "Бриск", "Дайко", "Денсо", "Экзист", "Фенокс", GKN, "Хитачи", "JP-груп", "КрафтТех", KYB, "Манн + Хюммель", "Мерседес Бенц РУС", "Мутлу", "Оптибелт","Шейфлер-груп", "Сэйпа", "Сожефи-груп", "Теннеко", "Валео Сервис", "Шате-М Плюс", Группа ГАЗ, "Лада Имидж", "Моторлайн", "Станкоимпорт", ХОРС, "Эквинет" и многие другие. Общая выставочная площадь выставки превысила 43 400 кв. метров, включая 5 павильонов и открытые площади. Посетили выставку за четыре дня работы 32 018 специалистов и гостей.

Девять стран — Китай, Франция, Германия, Италия, Корея, Сингапур, Испания, Тайвань и Турция — объединили компании-участников из этих стран в составе национальных экспозиций. Представители национальных павильонов высоко оценили результаты участия в выставке. Так, французские предприниматели считают выставку идеальным местом для налаживания контактов, начала новых проектов и упрочения своего присутствия на российском рынке. Россия продолжает оставаться целевым рынком для турецкой автомобильной промышленности, несмотря на ощутимое падение экспорта турецких автопроизводителей в эту страну, заявил глава турецкого Союза экспортеров автомобильной промышленности Орхан Сабунджу, отметив высокий интерес, проявленный турецкими фирмами к выставке.

В этом году продолжил свою работу проект "*Трак компеpенс*", представляющий автозапчасти для грузового транспорта. В работе этого проекта приняли участие 182 компании. Генеральным спонсором выставки "МИМС Автомеханика — 2015" выступила компания "Шате-М Плюс".

Ключевым событием деловой программы выставки стал *VI Московский Международный Форум Автомобилестроения (IMAF)*, организованный при участии Ассоциации Европейского Бизнеса (АЕБ). Модератором пленарного заседания форума стал управляющий директор "AZ Энтерпрайз" Алекс Загускин, с докладами о состоянии рынка автокомпонентов и отрасли в целом выступили президент ОАО "АвтоВАЗ" Бу Андерссон, генеральный директор "Фольксваген груп рус" Маркус Озегович, управляющий директор Группы ГАЗ Кирилл Эпштейн, директор по закупкам "Форд Соллерс" Николай Ходосевич, генеральный директор "Континенталь Тайрс" Ярон Видмайер и другие эксперты рынка. 180 делегатов из России, Германии, Великобритании, Италии, Индии, Нидерландов и Турции обсудили текущее состояние и перспективы развития российского автомобильного рынка, проекты по локализации производства автокомпонентов в России, вопросы финансирования и рефинансирования проектов в индустрии автомобилестроения, эффективность мер государственной поддержки и другие актуальные темы.

Во второй раз в рамках форума состоялась сессия прямых переговоров с автопроизводителями и оптовыми закупщиками — за два дня было проведено более 30 деловых встреч. Впервые в рамках деловой программы была запущена конференц-площадка "Агора", на которой ежедневно проходили семинары, мастер-классы, круглые столы, презентации и обучающие мероприятия. Всего за 4 дня состоялось 14 мероприятий, в работе которых приняли участие более 20 спикеров — авторитетных специалистов отрасли.

Состоялась здесь и торжественная церемония вручения наград ежегодной международной премии "Мировые автомобильные компоненты—2015", в которой приняли участие представили ведущих компаний-производителей автокомпонентов,компаний-дистрибьюторов запчастей, эксперты и аналитики автомобильного рынка и крупнейшие отраслевые СМИ. В этом году претенденты на победу были представлены в 18 номинациях, включая и номинацию "Гран-при года". В определении лауреатов Премии участвовали представили Экспертного совета, интернет-пользователи и участники розыгрыша,организованного ИД "Макс Медиа" в рамках выставки.

Победителями премии "Мировые автомобильные компоненты" в 2015 году стали: Автолампы года — "Осрам"; лучший бренд в сегменте "Автохимия" — "Кул-Стрим"; Аккумулятор года — "Бош"; Амортизатор года — KYB и "Монро"; Высоковольтные провода — "Слон"; лучший бренд в сегменте ГСМ — "Лукойл"; Тормозные колодки года — "Феродо", "Текстар"; Тормозные диски — "Брембо"; Приводные ремни — "Гетс"; Подшипники — NTN-SNR; Радиатор года — Бер Хелла Сервис; Свечи зажигания — NGK; Сцепление года — LUK; Фильтры — "Мале" и "Ливны"; Щетки

стеклоочистителя — "Хейнер"; Гран-при Премии — "Бренд года" — "Континенталь". Оргкомитет премии "Мировые автомобильные компоненты" вручил также специальные награды.

В 2016 году 20-я юбилейная выставка "*MIMS Automechanika Moscow*" состоится 22—25 августа в ЦВК "Экспоцентр". Организатором выступит компания "*ITEMF Expo*", созданная в равных долях крупнейшими международными выставочными организаторами "Мессе Франкфурт" и Группой компаний ITE специально для проведения бизнес-мероприятий автомобильной отрасли в России.

ВЫСТАВКА "ИНТЕРАВТО—2015" И ШОУ ВНЕДОРОЖНИКОВ, КРОССОВЕРОВ И ВЕЗДЕХОДОВ

Две эти выставки проходили одновременно в последних числах августа в МВЦ "Крокус-экспо".

XI международная выставка автомобильной индустрии "Интеравто" состоялась при официальной поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства транспорта РФ, Правительства Московской области, НП "Объединение автопроизводителей России" и Национальной Ассоциации Производителей Автомобильных Компонентов (НАПАК). На ней были представлены автокомпоненты, запасные части, оборудование для технического обслуживания автомобилей, автомобильная химия, автоэлектроника, аксессуары и расходные материалы. В этом году в выставке приняли участие более 400 компаний из 46 регионов РФ и 19 стран мира (Австрии, Бельгии, Болгарии, Великобритании, Германии, Италии, Кипра, Китая, Нидерландов, Польши, Республики Беларусь, России, США, Тайваня, Турции, Украины, Финляндии, Швеции, Японии). Общее число посетителей проекта превысило 33 000 человек.

Свою продукцию и последние новинки представили такие компании, как Авто-Партнер, "АвтоРусь", "Азард групп", "Астрал", "БиЛайт ТД", "ГаражТулс", "Гарант", "Сивик", "Косметик Авто", "Мета", "МК-Слифт", "Новлайн", "Обнинскоргсинтез", "Сапфир", "Сивер", "Станкоимпорт", "Технокар", "Тритон-Импорт", "Химлюкс", "Акцо Нобель Кар Рефинишс", Экзальта Котинг Системс", "Баннер Баттарьен", "Дас Лагер Германия", "Эрле рус", "ЕР—Верничи", "Хелла", "Интерпамп", "Крафт", "Маха Россия", "Нилфик Эдванс", "Ниппон Пайнт", "РЕАК Кемикалз", "Ринг Аутомотив", "Сайнт-Гобэйн", "Твинмакс Ой", "Вестфалия-Аутомотив" и многие другие.

Насыщенная деловая программа выставки традиционно вызвала интерес многочисленной профессиональной аудитории. В частности, одним из самых значимых мероприятий выставки стала Международная Автопромышленная Ассамблея (МАА-2015), в рамках которой состоялся III Национальный Форум Локальных Поставщиков. Среди прочих событий МАА-2015 — визиты на заводы в Северо-западный (Санкт-Петербург, Ленинградская область), Приволжский (Тольятти) и Центральный (Калуга) автомобильные кластеры, встречи с поставщиками, а также посещение производственных площадок.

В рамках "Интеравто 2015" прошла также торжественная церемония вручения Национальной премии "Автокомпонент Года" — ежегодной независимой профессиональной награды для компаний-производителей и дистрибьюторов за успехи на рынке России (организаторы: журнал "Автозапчасти и цены", аналитическое агентство "Автостат"). Заветную статуэтку в виде звезды получили 50 компаний в 24 номинациях, в каждой из которой были определены по два победителя среди отечественных и зарубежных брендов (кроме номинации "Резинотехнические изделия" — только для отечественных брендов и номинации "Автоаксессуары" — только для зарубежных брендов).

Во время работы "Интеравто 2015" подписывались контракты, обсуждались вопросы дальнейшего развития отрасли, происходил обмен опытом среди российских и зарубежных специалистов, устанавливались новые и укреплялись уже существующие деловые контакты.

В соседнем зале на площади более 8500 м^2 состоялась **Международная выставка внедорожников, кроссоверов и вездеходов** ("*Moscow Off-*

road Show"), где были представлены внедорожники, кроссоверы, вездеходы разной степени проходимости — снегоходы, болотоходы, амфибии, квадроциклы, а также комплектующие, запчасти, шины, оборудование, навигационные и охранные системы и прочие полезные устройства, способные облегчить жизнь автомобилисту. Выставка объединила мировых и российских автопроизводителей и поклонников внедорожной техники. Экспозиция Шоу оказалась насыщенной и интересной для всех любителей внедорожников.

Например, в рамках выставки состоялась мировая премьера автомобиля "Лада Веста Кросс Концепт". Знаковую машину презентовал лично Бу Инге Андерссон, президент компании "АвтоВАЗ".

Действующую линейку флагмана отечественного автопрома можно было оценить на тестовой площадке: "Калина Кросс" и "Ларгус Кросс" преодолевали "городские" препятствия (разбитый асфальт, бордюрный камень и привычные "лежачие полицейские"), "Лада 4×4" в стандартной комплектации и "Эльбрус-эдишн" штурмовали "качели" и лесные завалы из бревен.

На стенде "ММС Рус", дистрибьютора автомобилей "Мицубиси" в России, состоялась российская премьера пятого поколения L200, которую представил президент и главный исполнительный директор компании в России Наоя Такаи. Конструкторам фирмы удалось значительно улучшить комфорт и управляемость пикапа, сохранив все его внедорожные и рабочие характеристики.

На стенде бренда "Джип" можно было детально ознакомиться с доступным для приобретения в Рос-

сии модельным рядом — консультанты отвечали на любые вопросы относительно "Чероки", "гранд Чероки", "Ренглер" и "Ренглер Анлимитед". А главным автомобилем стенда стал "*Jeep Renegade*", первый компактный внедорожник данной марки, прошедший испытания в песках Моаб, самой непроходимой пустыни Северной Америки. На российском рынке будет представлена вся линейка этой модели*: "Sport", "Longitude", "Limited" и "Trailhawk"*. Оценить ходовые возможности новинки и прочих автомобилей марки, можно было на тестовых заездах.

Вниманию публики был представлен весь модельный ряд "Ленд Ровер": от нового компактного внедорожника Discovery Sport до самого быстрого автомобиля в истории бренда, "РейнджРовер Спорт SVR" с двигателем мощностью 550 л. с., а также различные масштабные проекты "Ягуар — Ленд Ровер", включая совершенно новый "Бренд Экспириенс Центр". Отдельного упоминания заслуживает представитель эксклюзивной лимитированной версии легендарного внедорожника — "*Defender Heritage*". Уникальный автомобиль повторяет формы и цветовое решение оригинального "Ленд Ровера Серии 1", соединяя красоту ретростиля с самыми современными требованиями к комфорту и безопасности. На российском рынке будут доступны только 9 автомобилей данной серии в кузове "90 универсал".

Стенд "Нисана" позволил по достоинству оценить пять *SUV*-моделей: легендарные внедорожники "Патрол", "Пасфайндер", "Екс-Трейл", а также впечатляющие кроссоверы "Жук" и "Кашкай". Компания "А1 Аларм Сервис Рублевка", официально представляющая одного из ведущих производителей премиум-сегмента в России — "Брабус", продемонстрировала вариант тюнинга "G-Класс 6×6".

Группа ГАЗ презентовала два новых автомобиля для туризма и отдыха — "Автодом" на базе "ГАЗели Некст" и "Охотник" на базе "Соболя 4×4". Внедорожник "УАЗ Патриот" (мод. 3163), серийно выпускаемый Ульяновским автозаводом на протяжении 15 лет, был представлен на стенде производителя в своем рестайлинговом воплощении. Главные отличительные особенности обновленного "Патриота" — обновленный дизайн и широкий выбор комфортных опций. На стенде также можно было видеть "УАЗ Хантер", созданный на базе легендарного УАЗ-469 и характеризующийся высокой проходимостью, неприхотливостью и надежностью.

Официальный дилер "Вольво" — "Обухов" — подарил посетителям Шоу возможность увидеть новый внедорожник XC 90. Оценить тех-

нические характеристики (современные системы безопасности, новый технологичный двигатель, удачное сочетание мощности и топливной экономичности, обновленное оформление салона) и протестировать семиместный автомобиль премиум-класса можно было на тест-драйвах. Кроме того, XC90 — первая модель "Вольво" с обновленным логотипом компании.

"Вездеходная" часть выставки была представлена мощной техникой различной проходимости.

Компания "Веломоторс" показала популярные "ATV Стелс 600 Леопард" и —"800 Гепард" в топовой комплектации, детский квадроцикл 100RS и новинку сезона — снегоход "Стелс 600 Викинг". Фирма "Механика" продемонстрировала универсальный вездеход-амфибию, полностью собранный из отечественных комплектующих — снегоболотоход "Медведь" с высокой надежностью и проходимостью в любых природных условиях. По ходовым характеристикам и качеству сборки СБХ-5 М-1 не уступает иностранным аналогам, обладает хорошей плавучестью и маневренностью на воде, а также способен развивать скорость до 50 км/ч.

Компания "Шерп" представила революционный вездеход с одноименным названием. Итог сотрудничества с гениальным конструктором Алексеем Гарагашьяном — сверхпроходимая машина "Шерп", специально разработанные и запатентованные шины которой делают ее победительницей любых погодных условий и препятствий. Снегоболотоход прекрасно выходит из воды на лед, с легкостью преодолевает преграды высотой 70 см и может доставить водителя в самые труднодоступные уголки Земли.

На стенде ООО "СпецПрофи" выставлялись сертифицированные дорожные шины собственного производства — полноценные высококачественные пневматические шины низкого давления для вездеходов, среднетоннажных грузовиков и снегоболотоходов, эксплуатируемых в условиях бездорожья и на дорогах общего пользования. Демонстрацию шин "доверили" снегоболотоходу "Вектор 4×4".

ТД "Вездеход" привез на выставку универсальный, надежный вездеход "Зубр", специально разработанный для охотников, рыболовов и людей, ведущих активный образ жизни. Предполагается, что "Зубр" может стать незаменимым транспортным средством для нужд МЧС, пожарных и лесных хозяйств, геологоразведки и сельского хозяйства.

Широко было представлено дополнительное оборудование для внедорожников и кроссоверов.

Интернет-магазин *4X4RU.RU* представил сразу две новинки — портативные ранцевые канистры "Супербак" (мягкие баки различного объема) и разборные колеса российского производства с двухсторонними бедлоками, не только не уступающие по качеству иностранным аналогам, но и выигрывающие у них по стоимости и весу. Необходимо отметить, что компания уже более 15 лет отбирает и тестирует оборудование для внедорожников, проводя испытания в джип-клубе "Лебедушка", который стал родоначальником *off-road*-движения в Твери и Тверской области. ООО "Винч Инжиниринг" — крупный дистрибьютор лебедок и автомобильных аксессуаров для внедорожников, ATV, эвакуаторов и спецтехники в России, представил мобильную лебедку в пластиковом коробе "Винч 2GO".

Одним из самых зрелищных мероприятий Шоу стало чествование победителей конкурса для вездеходостроителей "Шины каждому-2015", организатором которого выступили сообщество "Пневмоход.ру" и производитель шин низкого давления "АвтоРос". На церемонии награждения организаторы, партнеры и победители конкурса отметили огромную значимость проведения подобной выставки для всех любителей техники повышенной проходимости, а также сошлись во мнении, что "*Moscow Off-road Show*" — лучшая площадка для демонстрации вездеходов-победителей.

Кроме того, на протяжении всех дней работы выставки немалое внимание посетителей вызывал подиум победителей премии "Внедорожник года", где можно было сравнить победителей в различных номинациях и получить консультацию у представителей брендов.

По итогам прошедшего мероприятия можно уверенно сказать, что данный выставочный проект достойно подтвердил формат мини-автосалона, который будет проходить в европейском формате, сменяя Московский международный автосалон (ММАС) по нечетным годам.

Указатель статей, опубликованных в 2015 году

№

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Бурганова Н.Т. — Управление развитием персонала предприятия 1

Денисов И.В., Смирнов А.А. — Надёжность автомобилей в гарантийный период их эксплуатации 11

Егоров А.Н., Трухнов Л.И., Лашковский Р.В. — 55 лет конструкторской службе БелАЗа: время подводить итоги, повод заглянуть в будущее 5

Марти А.Н., Марти С.А. — Оптимизация рынка водительских сидений 12

Карасев О.И., Вишневский К.О., Веселитская Н.Н., Еделькина А.А., Клубова М.А. — Форсайт — инструмент определения приоритетов научно-технологического и инновационного развития в транспортном секторе 3

Козловский В.Н., Афиногентова Н.В., Дементьев С.А. — Балльная оценка автопроизводителем эффективности деятельности предприятий фирменного сервиса 3

Козловский В.Н., Полякова Е.С., Пантюков Д.И., Афиногентова Н.В. — Аналитические модели СМИ как инструмент управления качеством в автомобилестроении 4

Козловский В.Н., Полякова Е.В., Афиногентова Н.В. — Новые технологии конкурентоспособности продукции автомобилестроения 9

Курилов К.Ю., Курилова А.А. — Программа обратного выкупа как средство стимулирования продаж автомобилей 6

Мочалин С.М., Тюкина Л.В. — Идентификация цепей поставок в автомобильной промышленности 1

Подхалюзина В.А. — Стратегии глобализации как способ повышения конкурентоспособности российской автомобильной промышленности 2

Свещинский В.О. — О некоторых попытках государственного регулирования в автомобильной промышленности 10

Слыжов А.В. — Роль личностного фактора иностранного руководителя в повышении эффективности управления предприятиями автомобилестроения . 8

Чириканова Е.А. — Государственная поддержка автомобильного рынка России в условиях спада объёмов продаж 7

Шушкин М.А., Фоменков Д.А. — Стратегия имитации как инструмент развития автомобилестроения . . . 5

АСМ-факты 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Авагян С.Г. — Автокран без противовеса 6

Акимов В.С., Кулешов А.С., Марков В.А., Яковчук А.Ю., Йанхунен Т.Т. — Двигатель z-engine: оптимизация впрыскивания и распыливания топлива 3

№

Алиев А.Я., Алиев С.А., Изберов Р.М. — Интегрированный стартер-генератор для энергоэффективных транспортных средств 10

Андреенков А.А., Дементьев А.А. — Результаты исследования теплового состояния генератора автомобильной микротурбины 5

Аракельянц А.Г., Бондаренков Д.О., Яловой В.Я. — Новое направление в развитии автомобильных стеклоочистителей 6

Ахметшин А.М., Рязанцев В.А. — К синтезу системы распределения тормозных сил автомобиля 8

Балакина Е.В., Зотов Н.М. — Расчет продольного сноса нормальной реакции на колесо из-за упругих угловых деформаций шины 4

Богданова И.И. — Влияние типа межколесной и межосевой связей на тормозные качества ходовых систем 6

Варнавский А.Н., Журавлёв В.М. — Видеорегистратор как средство автоматического предупреждения о вероятности столкновения транспортных средств 8

Ганжа В.А., Безбородов Ю.Н., Ковалевич П.В. — Универсальные транспортные средства 3

Гладов Г.И., Рябов Д.М. — Выбор электротрансмиссии многозвенного автопоезда 12

Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Прядкин В.И. — Влияние давления в высокоэластичной шине на тяговые свойства колеса 2

Гончаренко С.В., Годжаев З.А., Валеев Д.Х., Карабцев В.С. — Расчетно-экспериментальная оценка технических характеристик шин 315/60R22,5 и 315/80R22,5 моделей NF-201 и NR-201 и их эталонов для грузовых автомобилей 8

Гусаков С.В., Марков В.А., Афанасьева И.В., Мосхен Ахмадниа — Электромеханическая трансмиссия как способ улучшения топливной экономичности силовой установки автомобиля 6

Гусаков С.В., Марков В.А., Мохсен Ахмадниа — Расчётные исследования автомобильного двигателя на режимах испытательных циклов 10

Долгополов А.А., Наумов В.Н., Чижов Д.А., Мерзликин Ю.Ю., Меньшиков А.С. — Определение границ устойчивости равновесного состояния транспортного средства с частичной разгрузкой движителя воздушной подушкой 2

Драгунов Д.Г., Лоскутников И.А. — Определение динамических характеристик автомобиля высокой проходимости при переключении передач изменением межосевого расстояния 1

Драгунов Г.Д., Кравцов С.А. — Принципы составления математической модели движения автомобиля, позволяющей исследовать влияние углов установки его управляемых колёс 7

Дубин А.Е., Нестеров В.Е. — Перспективные большегрузные амфибийные транспортные средства на воздушной подушке для работы в Арктической зоне России: основные тактико-технические требования и компоновочные схемы 1

№

Дубовик Е.А. — Динамическая модель гидропневмоаккумулятора гидромеханической системы 10

Евграфов А.Н., Шведов С.Б. — Расчет закругления фронтальных кромок высокого прицепа легкового автомобиля 6

Егоров А.Н., Трухнов Л.И., Насковец А.М. — БелАЗ-7558 — новая линейка самосвалов с электромеханической трансмиссией переменного тока грузоподъемностью 90 т 1

Егоров К.А., Коротков В.И., Хортов В.П. — Электронное реле указателя поворота и аварийной сигнализации автомобиля 5

Железнов Р.Е., Железнов Е.И. — О вилянии одноосных прицепов при торможении 10

Иванов А.С., Чикишев Е.М., Анисимов И.А. — Низкие температуры и их влияние на показатели АТС . . . 7

Канделя М.В., Земляк В.Л. — Универсальный вездеход 4

Катаева Л.Ю., Киселева Н.Н., Масленников Д.А., Романова Н.А. — Математическая модель загрязнения легкового автомобиля 2

Копотилов В.И. — Сила тяги автомобиля и механизм её образования 7

Кривцов С.Н. — Измерение индуктивности электромагнита как фактор повышения качества регулировки электрогидравлических форсунок "Коммон райл" при ремонте 7

Кузнецов И.В., Сычев А.М. — Процессы смесеобразования и сгорания в двигателе с расслоением заряда в цилиндре 3

Кузнецова Н.А., Тетюшев А.А., Шандыбина И.М. — Динамическая модель планетарной дифференциально-замкнутой передачи 2

Кузнецов Е.В. — Система подачи топлива дизеля . . . 5

Лапшин В.П., Туркин И.А. — Алгоритм диагностирования состояния контакта колеса с дорожным покрытием 5

Лебедев С.А., Картуков А.Г. — Новое переносное устройство с молекулярным накопителем энергии . . . 9

Леонтьев Д.Н., Конопелько А.В. — Определение нагрузки на колеса автомобиля при его наклоне относительно опорной поверхности 12

Лиханов В.А., Анфилатов А.А. — Дизель с воздушным охлаждением. Влияние метанола на его экологические параметры 9

Льянов М.С., Гутиев Э.К., Зокоев А.О. — Устойчивость трицикла с наклоняющимся кузовом 4

Мамити Г.И. — Новое уравнение движения, тяговый расчёт, определение площади фронтального сечения и высоты центра парусности автомобиля 10

Мамити Г.И., Плиев С.Х., Васильев В.Г. — Оптимальное распределение масс по осям двухосного автомобиля 12

Марков В.А., Маркова В.В., Сивачёв В.М., Сивачёв С.М. — Определение оптимального состава смесевых биотоплив 2

Мартынов В.К. — Механика скоростных ременных передач 9

№

Мигунов А.Л., Тулупов П.В., Кауров С.Ю. — Постоянные магниты для мехатронных систем на базе вентильной электромашины 12

Новосадов С.Ю., Картуков А.Г., Лапин А.В. — Двухобъёмная аккумулирующая форсунка для дизелей малого объёма 11

Павленко А.В., Дунь С.В. — Факторы, влияющие на технико-эксплуатационные характеристики автопоездов-зерновозов КрАЗ 9

Печенев А.М. — Концепция двигателя для особо компактного городского легкового автомобиля 11

Печенев А.М. — Стартер-генератор и кислород — инструменты совершенствования двигателей особо компактных городских легковых автомобилей 12

Пожидаев С.П. — О полезной механической работе и энергетическом КПД автомобиля 9

Пожидаев С.П. — Оценка энергетического КПД автомобиля при его разгоне 10

Пожидаев С.П. — Статистическая устойчивость циклового КПД автомобиля при его разгоне 11

Прохоров В.А. — Мощный транзисторный ключ для силовой автомобильной электроники 3

Решенкин А.С., Дубовик Е.А. — Тюнинг системы выпуска отработавших газов 11

Рябов И.М., Ковалев А.М., Чернышов К.В., Расулов Т.М. — Динамический гаситель вертикальных колебаний колеса автомобиля, интегрированный с конструкцией дискового тормозного механизма . . . 4

Рябчинский А.И., Морозова Т.Э. — Международная регламентация пассивной безопасности транспортных средств: состояние и перспективы развития . . . 8

Савельев В.А. — О "блокировании" подвески автомобиля силами сухого трения в листовой рессоре 3

Сафонов А.И. — Особенности режимов нагружения и направления развития тяговых трансмиссий троллейбусов 4

Свияженинов Е.Д. — Наддув ДВС с резонансным топливовоздушным образованием 1

Свияженинов Е.Д. — Фотоэлектрический малооборотный датчик зажигания двигателя внутреннего сгорания 4

Сизов Ю.А., Харитонов В.И., Гордеев А.А., Ложкина Ю.В. — Математическая модель электрических параметров последовательно соединённых аккумуляторов 11

Сливинский Е.В., Радин С.Ю., Гридчина И.Н., Пахомова Е.В. — Новые тягово-сцепные устройства для легковесных автопоездов 1

Сливинский Е.В., Радин С.Ю. — Новый стабилизатор передней независимой подвески для легковых автомобилей 2

Тер-Мкртичьян Г.Г. — Даунсайзинг в двигателях ВАЗ с продолженным расширением рабочего тела . . . 11

Фасхиев Х.А., Волошко В.В., Мавлеев И.Р., Салахов И.И. — Новая коробка передач грузового автомобиля 4

Хортов В.П., Скворцов А.А. — Современный город: автобус, троллейбус или трамвай? 11

№

Чантурия И.Г., Чантурия О.Г. — Роторные двигатели внешнего сгорания 6

Чернова Г.А., Синьков А.В., Сторчак Н.А. — Вибрационные характеристики карданной передачи автобуса "Волгабус Ритмикс" 10

Шермухамедов А.А., Бабоев А.М. — Критерии устойчивости движения автопоездов, перевозящих жидкие грузы в горных условиях 11

Шипилевский Г.Б. — Универсальная оценка управляемости самоходных машин 8

Шухман С.Б., Коркин С.Н., Курмаев Р.Х., Капралова М.А. — Построение автопоездов с активными прицепными звеньями, предназначенных для движения в тяжелых дорожных условиях 1

Яковлева С.П., Махарова С.Н. — Фрактодиагностика оскольчатого разрушения автомобильного газового баллона 5

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

Антипенко Г.Л., Судакова В.А., Шамбалова М.Г. — Относительные угловые перемещения валов — критерий оценки технического состояния зубчатых передач трансмиссий 10

Баженов Ю.В., Каленов В.П. — Обеспечение работоспособности электронных систем управления двигателем 12

Байбакова А.А. — Обзорность АТС — важнейший из показателей его активной безопасности 4

Барыкин А.Ю., Тахавиев Р.Х. — К вопросу ограниченности принципа Парето-эффективности при проведении АВС-анализа номенклатуры автомобильных запасных частей 9

Буренин В.В., Баловнев Н.П., Иванина Е.С. — Новые фильтры для автомобильных топливных систем 7

Быченко Н.В., Девяткин Д.Е., Скапцов В.В., Суменков Н.А., Шапран В.Н. — Диагностирование топливной аппаратуры дизелей с использованием параметрических моделей 1

Воробьёв Ю.В., Килимник А.Б., Дунаев А.В. — Снижение расхода топлива автотракторными ДВС приёмами механохимии 10

Геращенко В.В., Коваленко Н.А., Вепринцев Н.В., Миронов К.Д. — Стенд для диагностирования дизеля 5

Грановский В.А., Одинцов А.Е. — Методы сбора и обработки информации транспортных потоков 2

Дубовик Е.А. — Оптимизация состава автомобильного антифриза 7

Дубовик Е.А. — О противоизносных свойствах смазочных материалов 12

Дынченков В.С. — Методика принятия решения о ремонте или замене автомобиля после ДТП 8

Жималин А.В., Мороз С.М. — Ступенчатое регулирование наработки до ТО по мере выработки ресурса КТС 1

Карпов А.В. — Процесс диагностирования бензинового двигателя в условиях автосервисного предприятия 8

№

Козловский В.Н., Афиногентова Н.В., Панюков Д.И., Дементьев С.А. — Сценарии работы "тайных покупателей" при реализации проверок предприятий фирменного автосервиса 6

Коклин И.М., Потапенко М.С., Потапенко Е.С., Щедрыгин А.В. — Опыт использования газомоторного топлива на легковом автомобиле 3

Кривцов С.Н. — Динамический метод диагностирования автомобильных дизелей, оснащённых аккумуляторной топливоподающей системой 9

Лощаков П.А. — Лизинг как инструмент финансовых операций при обновлении и пополнении материально-технической базы автотранспортной организации и предприятия 6

Мелешин В.В. — Результаты полунатурных испытаний структуры идентификаторов при определении параметров автомобиля 3

Мороз С.М. — Сервисы ИТС для технической эксплуатации автомобилей 9

Науменко Б.С., Белоусов Д.В. — Бортовая система диагностирования тягача автопоезда 7

Новосадов С.Ю., Картуков А.Г. — Анализ методов диагностирования топливной аппаратуры дизелей . 8

Одинцов А.Е. — Развитие автоматизированных систем управления дорожным движением 1

Решенкин А.С., Дубовик Е.А. — Тюнинг системы выпуска отработавших газов 11

Садыков М.Ф., Ярославский Д.А., Тукаева К.П. — Определение механических потерь ДВС по результатам его свободного выбега 6

Стародубцева И.В. — Методика диагностики остаточного эксплуатационного ресурса тяговой аккумуляторной батареи гибридного автомобиля 2

Суетова А.А., Алейников А.В., Васильев В.А. — Имитационная модель для информационной системы управления рисками сервисной зоны автотранспортных предприятий 7

Топалиди В.А., Советбеков Б.С., Бабоев А.М. — Контроль эффективности торможения автопоездов в эксплуатации двигателем 12

Федотов А.И. — Методические погрешности площадочных стендов для контроля тормозных систем автомобилей 2

Чмиль В.П., Чмиль Ю.В. — Система ремонтно-профилактического обслуживания с нежестким звеном механизма, основанная на структурном анализе 8

Шермухамедов А.А., Бабоев А.М. — Критерии устойчивости движения автопоездов, перевозящих жидкие грузы в горных условиях 11

Ширяев С.А., Раюшкина А.А., Дулина Н.В., Сиволобов Н.М. — Система школьных перевозок: опыт, оценка, тенденции развития 10

Якушин А.Б. — Умное автострахование 7

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Алиев А.А. — Геометрическая форма ячеек биметаллических вкладышей автомобильных стартеров и их износостойкость 11

№

Гравин А.А., Симагин Д.Н., Литовка Ю.В., Дьяков И.А. — Технология получения оксидных покрытий из электролитов с добавками наноуглеродных материалов 5

Денисов И.В., Смирнов А.А. — Надёжность автомобилей в гарантийный период их эксплуатации 11

Дубовик Е.А. — Стенд для испытания объёмных гидромашин с рекуперацией энергии 9

Жуков И.С., Ревин А.А. — Предпроектная оценка тепловой нагруженности пар трения тормозного механизма автомобиля с АБС 11

Зиновчук Д.В., Мороз С.М. — О точности измерения тормозных сил на роликовых стендах 10

Иноятходжаев Ж.Ш. — Методика определения качества двигателей BDOHC при их холодном испытании 12

Калмыков Б.Ю. — Определение разрушающих нагрузок по деформации кузова автобуса при его опрокидывании 6

Кобзев А.А., Шмаков В.С., Еропова Е.В., Мишулин Ю.Е. — Замещение натурных испытаний краш-теста методами имитационного моделирования 9

Костенко А.Ю. — Композиты в конструкции несущих систем грузовых автомобилей 7

Котляров А.Ю., Ефремов В.В., Агошков А.В. — Способы управления геометрическими параметрами формы деталей машин при шлифовании 7

Лощаков П.А. — Планирование и реализация многофакторного эксперимента — путь к повышению эффективности исследований 10

Малая Е.В., Решенкин А.С., Гончаров Р.А., Воробьев С.С. — Композиционные порошковые материалы для изделий электротехнического назначения 2

Малиновский М.П., Гладов Г.И. — Расчёт ресиверов для пневматического тормозного привода с АБС . . . 11

Мухаметшина А.И., Буторин И.В., Нурлыева Г.Д., Литвиненко П.В., Швеёв А.И., Шафигуллин Л.Н., Гумеров М.И., Швеёв И.А. — Влияние состава резины манжет на их работоспособность 2

Огородов В.А. — Обеспечение заданной макрогеометрии отверстий тонкостенных цилиндров при хонинговании 8

Осипов А.Г. — Эволюция конструкции тормозного стенда Осипова 7

Пассар А.В., Тимошенко Д.В. — Комплексный метод расчета проточной части радиально-осевой турбины турбокомпрессора ТКР-14 5

Савкин А.А., Андроник А.В., Горунов А.И., Седов А.А. — Анализ перспективных материалов в конструкциях легковых автомобилей 3, 4

Саримова А.Т., Буторин И.В., Нурлыева Г.Д., Швеёв А.И., Шафигуллин Л.Н., Гумеров М.И. — Эпиламирование поверхности и износостойкость пар трения 2

Светличный Н.И., Аюкин З.А., Ищенко В.И., Леонов С.М. — Развитие упрочняющей технологии коленчатых валов дизелей КамАЗ 4

№

Сизов Ю.А., Харитонов В.И., Гордеев А.А., Ложкина Ю.В. — Математическая модель электрических параметров последовательно соединённых аккумуляторов 11

Цурко А.А. — О проверке имитаторов CCS-2100 и CCS-2100LT холодной прокрутки двигателей 10

Шандров Б.В., Булавин И.А., Масленникова Г.В. — Изменение монтажной высоты конических роликоподшипников под действием осевой нагрузки в процессе силового замыкания подшипниковых узлов с преднатягом 6

Швеёв А.И., Шафигуллин Л.Н., Гумеров М.И., Гумеров А.Ф., Файзуллина Р.Ф. — Наномодификация эпоксидных связующих для углепластиков 4

ИНФОРМАЦИЯ

Балабин И.В., Плетин Д.А. — Особенности конструкции подвесок спортивно-гоночных автомобилей . . 9

Вылегжанин С.И., Лазутина Е.А. — Обеспечение качества испытаний автомобильной техники в Центре испытаний НАМИ 3

15-й сезон Премии "Автомобиль года в России" открыт 2

Рябчинский А.И., Морозова Т.Э. — Международная регламентация пассивной безопасности транспортных средств: состояние и перспективы развития . . . 8

Трембовельский Л.Г., Гриф М.И. — Об использовании дизелей, сертифицированных по Директиве 97/68 ЕС, на спецавтомобилях и внедорожных самоходных машинах в Российской Федерации . . . 5

Хортов В.П., Скворцов А.А., Гребенчиков А.П. — Новый взгляд на токсичность ДВС 3

Хортов В.П., Скворцов А.А., Гребенчиков А.П. — Автомобильная фара: от керосиновой до газоразрядной лампы 4

За рубежом

Белоусов Б.Н., Наумов С.В., Ксеневич Т.И. — Тенденции развития автомобильных интеллектуальных систем управления 1

Чириканова Е.А. — Зарубежная практика регулирования автомобильного рынка с использованием налоговых механизмов 9

Из истории автомобилестроения

Балабин И.В. — Колесо: обретение пневматической шины и начало автомобильной эры 1

Балабин И.В. — Колесо: отход профиля шины от кругового тора и появление шин переменного давления 5

Балабин И.В. — Колесо: возвращение к бескамерным шинам и рождение радиальной конструкции силового каркаса 6

"Комтранс—2015" 12

"МИМС Автомеханика—2015" 12

Выставка "Интеравто—2015" и Шоу внедорожников, кроссоверов и вездеходов 12

Коротко о разном 1, 3, 7, 8, 9, 10, 11

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Марти А.Н., Марти С.А. — Оптимизация рынка водительских сидений 1

АСМ-факты 3

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Мамити Г.И., Плиев С.Х., Васильев В.Г. — Оптимальное распределение масс по осям двухосного автомобиля 5

Печенев А.М. — Стартер-генератор и кислород — инструменты совершенствования двигателей особо компактных городских легковых автомобилей 7

Гладов Г.И., Рябов Д.М. — Выбор электротрансмиссии многозвенного автопоезда 10

Мигунов А.Л., Тулупов В.П., Кауров С.Ю. — Постоянные магниты для мехатронных систем на базе вентильной электромашины 12

Леонтьев Д.Н., Конопелько А.В. — Определение нагрузки на колеса автомобиля при его наклоне относительно опорной поверхности 15

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

Топалиди В.А., Советбеков Б.С., Бабоев А.М. — Контроль эффективности торможения автопоездов в эксплуатации 17

Дубовик Е.А. — О противоизносных свойствах смазочных материалов 19

Баженов Ю.В., Каленов В.П. — Обеспечение работоспособности электронных систем управления двигателем 23

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Иноятходжаев Ж.Ш. — Методика определения качества двигателей BDOHC при их холодном испытании . . . 27

ИНФОРМАЦИЯ

"Комтранс—2015" 30

"МИМС Автомеханика—2015" 32

Выставка "Интеравто—2015" и Шоу внедорожников, кроссоверов и вездеходов 33

Указатель статей, опубликованных в 2015 году 36

Главный редактор Н. А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Балабин И.В. — *д-р техн. наук, профессор Университета машиностроения (МАМИ)*
Бахмутов С.В. — *д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ГНЦ "НАМИ"*
Гируцкий О.И. — *д-р техн. наук, профессор, зам. председателя Экспертного совета НАМИ*
Гладков В.И. — *канд. техн. наук, зам. генерального директора по научной работе ОАО "НИИТавтопром"*
Ковригин А.С. — *зам. генерального директора ОАО "АСМ-холдинг"*
Круглов С.М. — *зам. генерального директора ОАО "НИИТавтопром"*
Ксеневич Т.И. — *канд. физ.-мат. наук, МГТУ имени Н.Э. Баумана, НИЦ "Русаен"*
Купеев Ю.А. — *канд. техн. наук, научный консультант НИИАЭ, профессор, доктор электротехнических наук АЭН*
Мамити Г.И. — *д-р техн. наук, профессор Горского Агроуниверситета (Владикавказ)*
Марков В.А. — *д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана*
Николаенко А.В. — *д-р экон. наук, ректор Университета машиностроения (МАМИ)*
Никульников Э.Н. — *канд. техн. наук, НИЦИАМТ ГНЦ "НАМИ"*
Пашков В.И. — *АМО "ЗИЛ"*
Сорокин Н.Т. — *д-р экон. наук, директор ФГБНУ ВНИМС ФАНО России*
Тер-Мкртичьян Г.Г. — *д-р техн. наук, ГНЦ "НАМИ"*
Титков А.И. — *канд. техн. наук, эксперт аналитического центра ОАО "АСМ-холдинг"*
Филимонов В.Н. — *ответственный секретарь "АП"*

Белорусский редакционный совет:

Альгин В.Б. — *д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ОИМ НАН Беларуси*
Егоров А.Н. — *генеральный конструктор — начальник НТЦ ПО "БелАЗ"*
Захарик А.М. — *канд. техн. наук, технический директор РУП "МАЗ"*
Кухаренок Г.М. — *д-р техн. наук, профессор БНТУ*
Мариев П.Л. — *д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси*
Николаев Ю.И. — *главный конструктор ОАО "МЗКТ"*
Сазонов И.С. — *д-р техн. наук, проф., ректор Болорусско-российского университета (Могилев)*
Харитончик С.В. — *д-р техн. наук, доцент БНТУ (Минск)*

Информационный партнер АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*
Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 05.10.2015. Подписано в печать 18.11.2015.
Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.
Отпечатано в ООО "Канцлер".
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО «Адвансед солюшнз».
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"
Адрес издательства и редакции: 107076, Москва, Колодезный пер., 2а, стр. 2
Телефоны: (915) 412-52-56, (499) 269-54-98; (495) 785-60-69 (реклама и реализация)
E-mail: avtoprom-atd@mail.ru
www.mashin.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство ПН № 77-7184
Цена свободная.
Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.
Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.