ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

УЧРЕДИТЕЛИ:
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ОАО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ"

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 11 • ноябрь • 2009

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.114.4

Влияние конкурентоспособности отечественных АТС на конъюнктуру их национального рынка

Канд. экон. наук В.А. НЕВЕЛЕВ

ГУ ИМЭИ (8(495) 945-55-76)

Рассмотрены основные факторы, влияющие на уровень конкурентоспособности отечественных автомобилей на внутреннем и внешнем рынках, а также основные факторы, влияющие на уровень конъюнктуры национального рынка АТС в долгосрочном периоде. Определено влияние конкурентоспособности отечественных автомобилей на конъюнктуру национального рынка АТС.

Ключевые слова: конкурентоспособность, отечественные автомобили, конъюнктура, национальный рынок, автотранспортные средства.

Nevelev V.A.

INFLUENCE OF COMPETITIVENPOSITION BY NATIVE MOTOR-CARS INTO THE SITUATION OF NATIONAL MARKET OF AUTOTRANSPORT FUNDS

There were inspected the factors influencing into the level of competitive position by native motor-cars on internal and external markets and also the essential factors influencing into the level of situation by national market of autotransport funds in the long-term period. There was definited the influence of competitive position by native motor-cars into the situation by national market of autotransport funds.

Keywords: competitive, position, native motor-cars, situation, national market, autotransport funds.

В "Концепции развития автомобильной промышленности России" подчеркивается, что на период до 2010 г. главным фактором обеспечения конкурентоспособности отечественных автомобилей на мировом рынке является их сравнительно низкая цена. И это абсолютно правильно. Так, по данным ИКСИ, средняя цена российских легковых автомобилей, экспортируемых в страны дальнего зарубежья, в 2002 г. составляла 5—6 тыс. амер. долл. [1], что значительно, в 1,7—6 раз, меньше цен на их европейские и японские аналоги. Подобное соотношение сохраняется и сейчас. Однако по своим потребительским качествам (долговечность, проходимость, комфортабельность и т. д.) отечественные автомобили в настоящее время существенно уступают продукции ведущих зарубежных автомобилестроителей. В результате по критерию "цена—качество" они сохраняют конкурентоспособность по отдельным моделям только на внутреннем рынке, на рынках других стран СНГ и развивающихся стран.

Положение с конкурентоспособностью грузовых АТС несколько лучше. В частности, значительной популярностью на внешних рынках пользуются ГАЗовские "Газель" и "Соболь": их охотно покупают в Венгрии, Ираке, ЮАР и Китае. Сравнительно низкими ценами, простотой технического обслуживания, возможностью переоборудовать их в микроавтобусы или санитарные машины они привлекают многих потребителей из развивающихся стран.

Постепенно наращивалась экспортная программа КамАЗа. Спрос на его продукцию за рубежом в докризисный период непрерывно возрастал. Особенно в развивающихся странах. Одна из причин тому — успехи команды автозавода на автомарафонах "Париж—Дакар—Каир", "Оптик-2000" и т. д.

Вместе с тем надо признать, что экспортные возможности российского грузового автомобилестроения до сих пор остаются невысокими. Тем более что стабилизация цен как на грузовые, как и легковые АТС, имеет свои границы и, по мнению руководителей ведущих предприятий отрасли, с учетом реализации процессов реконструкции и реорганизации автозаводов, повышения уровня цен на материалы, энергоносители и ряда других причин в основном исчерпаны. Поэтому единственным средством повышения показателя "качество—цена" остается один путь — рост качества выпускаемых АТС, в том числе их технического уровня.

И это уже поняли многие руководители предприятий автомобильной промышленности. Одно из свидетельств тому — разработка и реализация на практике новой стратегии маркетинга, логистики и сервиса; формирование в регионах дилерской сети, в том числе с привлечением зарубежных фирм. Так, на базе ООО "Автомобильный завод "ГАЗ" создано совместное российско-американское предприятие, одной из основных задач которого является содействие продвижению рос-

сийской автомобильной техники на мировой рынок через дилерскую сеть американских деловых партнеров.

Есть и другие перспективные направления. Например, после модернизации, а также перехода на новые поколения на этом рынке могут продаваться также российские троллейбусы: к ним проявляют интерес потребители из Индии, стран СНГ и Балтии, Ближнего и Среднего Востока, Южной Европы и Латинской Америки. По-прежнему неплохие перспективы у автобусов "Газель", "Соболь", "Бычок" и ПАЗ (страны ближнего зарубежья, Ближнего и Среднего Востока, Северной Африки и Латинской Америки), больших и особо больших городских автобусов (страны СНГ и Балтии, Азии и Африки).

Но только на зарубежные рынки нашим автомобилестроителям ориентироваться, безусловно, нельзя: слишком невелики завоеванные там ниши. Иначе говоря, в настоящее время основным потребителем российских АТС как был, так и остается национальный рынок. Причем и на нем произошли существенные изменения: он стал открытой системой, где конкуренцию отечественным моделям составляют ведущие зарубежные модели. Например, в качестве сильных конкурентов автомобилей ВАЗ уже выступают "УзДЭУ", "Рено", ФИАТ, "Шкода", "Пежо", "Хонда", "Киа". Есть конкуренты и по другим типам АТС. И со временем конкуренция будет только ужесточаться.

Итак, повышение конкурентоспособности отечественных автомобилей, действительно, становится одним из главных направлений формирования конъюнктуры национального рынка. Отсюда — необходимость оценки среднего уровня этого показателя на долгосрочный период.

Возможность такой оценки есть. Автор для этой цели рекомендует использовать расчетную формулу с учетом предложений Г.П. Сорокиной [2]:

$$\overline{C}\,\overline{P}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{Q}_i}{\sum_{i=1}^{n} \overline{P}r_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{k} \overline{Q}_i}{\sum_{i=1}^{n} \overline{P}r_i}.$$

(Здесь $\overline{C}\,\overline{P}_i$ — средний уровень конкурентоспособности автомобилей в стране в i-м году долгосрочного периода, ед./руб.; $\overline{Q}_i$ — условно-среднее значение интегрального показателя качества АТС в стране в том же году долгосрочного периода; n — численность автомобильного парка в стране; k — число показателей качества автомобилей в стране в тот же год долгосрочного периода; $\overline{P}r_i$ — средняя цена автомобиля в стране (в тот же год долгосрочного периода).

Уровень конъюнктуры национального рынка в любой i-й год долгосрочного периода может быть определен по формуле: $MS_i = D_i/S_i$, в которой D_i — спрос экономики и населения страны на автомобили в i-м году долгосрочного периода, тыс. шт.; S_i — предложение автомобилей в стране в том же году, тыс. шт.

На основе этих формул можно также количественно оценить влияние конкурентоспособности отечественных автомобилей на мировом рынке на конъюнктуру их национального рынка. Такую возможность дает формула:

$$F_i(CP),\ MS_i) = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{k} Q_i S_i}{\sum_{i=1}^{n} Pr_i D_i},$$

где $F_i(CP_i,\ MS_i)$ — функция количественной оценки влияния уровня конкурентоспособности отечественных автомобилей на мировом рынке в долгосрочном периоде на уровень конъюнктуры их национального рынка в длительной перспективе, ед./руб.

Концептуальные положения рассмотренных выше методических рекомендаций были апробированы автором в ГОУ ВПО "Государственный университет управления" на Международной научно-практической конференции в октябре 2008 г. Они, по мнению участников конференции, вполне могут быть использованы при доработке "Стратегии развития автомобильной промышленности России".

Литература

1. Автомобильная промышленность России: состояние и перспективы / Институт комплексных стратегический исследований. — М., Альпина Паблишер. — 2002. — С. 35—39.
2. Сорокина Г. П. Конкурентоспособность в автомобильной промышленности. В сб. От инноваций и технопарков до конкурентоспособности предприятий / Под ред. В. И. Кравцовой. — М.: ИПМ "Глобус", 2005. — С. 252.

УДК 339.187

Оценка и отбор посреднического звена (дилеров) для работы на условиях товарного кредита

А.П. ШМЕЛЕВ, В.А. ШПЕТ, В.Х. ЗИННУРОВ

УМЗ (8(422) 32-22-76)

На примере СТП Ульяновского моторного завода показана методика оценки и отбора посреднического звена в условиях нестабильности торгово-рыночных отношений с партнерами.

Ключевые слова: промышленное предприятие, сбытовая сеть, посредническое звено, дилерские функции, методика продаж, финансирование проекта, конкурентные преимущества.

Shmelev A. P., Shpet V. A., Zinnurov V. X.

ESTIMATION AND SELECTION OF AN INTERMEDIARY LINK FOR WORK ON THE TERMS OF THE COMMODITY CREDIT

On example STP Ulyanovsk Motor Factory the technique of an estimation and selection of an intermediary part in conditions of instability of trade relations-market with partners is shown.

Keywords: industrial enterprise, marketing network, intermediary link, dealer functions, technique of sales, project financing, competitive advantages.

В условиях падения объемов реализации продукции производитель вынужден все более тщательно и продуманно относиться к формированию своей сбытовой политики, выбору методики продаж. Что довольно не просто. Уже хотя бы потому, что таких методик много (некоторые даже говорят, что у каждого продавца —

своя методика). Тем не менее это множество означает, что у каждого производителя (продавца) есть не только право, но и возможность выбора, которой в свое время и воспользовался Ульяновский моторный завод (ОАО "УМЗ"). Он остановил свой выбор на методике, основанной на показателе "реализация спроса на продукцию", ввел ее в стандарт предприятия и рекомендовал дилерам завода.

Этот стандарт соответствует международным правилам и нормам кодекса Европейского общества маркетинговых и социологических исследований и может быть использован другими посредническими структурами машиностроения.

Согласно стандарту, результаты реализации спроса на продукцию (изделия) оцениваются по показателю реализации (ПР), который вычисляется по формуле:

$$\text{ПР} = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_{i\text{ПР}}}{\sum_{i=1}^{n} N_{i\text{ПОСТ}} + \sum_{i=1}^{n} N_{i\text{ОС}}},$$

где: $N_{i\text{ПР}}$ — число изделий данного вида, реализованных за рассматриваемый период (квартал, год) всем потребителям, с которыми заключены договора на поставку; $N_{i\text{ПОСТ}}$ — число изделий, поступивших для продажи потребителям за тот же период; $N_{\text{ОС}}$ — число изделий, поступивших в предыдущие поставки, но оставшихся не проданными к началу рассматриваемого периода.

Показатель ПР можно рассчитывать не только для изготовителя, но и, как упоминалось выше, для его дилерской сети. Причем он крайне актуален в условиях предоставления товарного кредита посредникам или при работе на условиях передачи товара на реализацию, так как по его значению можно судить, насколько эффективна для производителя такая схема работы, а, стало быть, есть возможность избавиться от неэффективных участников товаропроводящей сети.

Так, если ПР $\geqslant$ 0,75, то положение с реализацией изделий можно считать приемлемым; если ПР = = 0,74÷0,45 — удовлетворительным, но требующим улучшения сбытовой деятельности; если ПР < 0,45 — необходимо изменять сбытовую структуру (дилерскую сеть), а также корректировать объемы продукции, реализуемой через дилера, или структуру выпуска самой продукции.

Это что касается абсолютных значений ПР, регламентируемых стандартом УМЗ. Однако его можно сделать и относительным, т. е. взять какой-то период (год) в качестве базисного и вычислить соответствующий ему показатель $\text{ПР}_б$. Тогда легко определить относительные границы приведенных выше оценок [0,75/$\text{ПР}_б$; (0,74—0,45)/$\text{ПР}_б$; <0,45/$\text{ПР}_б$]. И это иногда (например, при анализе тенденций) важнее знания абсолютного значения ПР за исследуемый период.

Рассмотрим использование показателя ПР на примере реализации УМЗ лодочных моторов модификации "Ветерок-wind" в 2006 г. (табл. 1). Как из нее видно, всех перечисленных в ней дилеров по абсолютному критерию ПР можно разделить на три группы: *A* — дилеры с удовлетворительным показателем реализации (средний по группе — 0,88), на которые приходится более половины (58 %) всех реализованных изделий; *B* — дилеры с посредственным показателем реализации (0,69 по группе), на них приходится немногим меньше половины всех реализованных изделий и больше половины (62 %) — нереализованных; *C* — дилеры с неудовлетворительным показателем реализации (0,4), у которых доля нереализованной продукции почти в 3 раза превышает долю реализованной (соответственно 8 и 3 %).

Таким образом, группа *C* дилеров реально только ухудшает показатели товародвижения, не внося существенного вклада в реализацию товара и лишь увеличивая объемы нереализованной продукции, т. е. запасы на складах. Поэтому в 2007 г. УМЗ решил отказаться от этой группы и оптимизировать объемы поставок остальным дилерам с учетом прошлогодних объемов продаж и ожидаемого роста рынка на 10—12 %. В результате почти все дилеры перешли в группу *A*, показатель ПР реализации в среднем по всей сбытовой сети составил 0,9 — довольно хороший показатель. Это означает, что методика, применяемая в УМЗ, позволила грамотно проанализировать эффективность работы дилерской сети, недочеты и устранить их.

Однако показатель ПР имеет и некоторые недостатки. Во-первых, он ориентирован на оценку дилеров в рамках уже существующей товаропроводящей сети и

Таблица 1

Страна	Фирма-дилер	Показатели реализации, ед.			Значения ПР	Группа дилеров
		суммарная поставка	нереализованный за 2005 г. остаток	поставка в 2006 г.		
Бельгия	"Виктори моторз"	27	3	24	0,8000	*A*
Югославия	ФАД	12	3	6	0,4000	*C*
Украина	ООО "Евроскладсервис"	25	3	20	0,7143	*B*
	ПК "Кермет"	8	0	7	0,8750	*A*
	ООО "Автек-сервис"	17	1	17	0,9444	*A*
	ООО "АЗР"	23	7	22	0,7333	*B*
Казахстан	ЗАО "Айдин"	7	2	7	0,7778	*A*
	ПК "Каспий-балык"	8	2	7	0,7000	*B*
Белоруссия	ЗАО "Объединенные технологии"	13	10	15	0,6522	*B*
	ОДО "Белмаркетинг"	48	5	49	0,9245	*A*
	ОДО "Интеллектсервис"	10	1	6	0,5455	*B*
	Итого	198	37	180	0,7660	

не может оценить перспективность сотрудничества с потенциальным контрагентом. Во-вторых, опирается на прошлые показатели работы дилеров, не учитывая быстро меняющейся экономической конъюнктуры. В-третьих, не учитывает экономический эффект от деятельности дилера, а служит лишь инструментом анализа количественных показателей, поэтому решение о пересмотре структуры сбытовой сети на основании одного только показателя принимать нельзя. Наконец, в-четвертых, сама методика принимает во внимание только то, насколько хорошо дилер реализует продукцию, а прочие показатели его — за пределами ее внимания. Что недопустимо в условиях кризиса.

Учитывая сказанное, специалисты УМЗ разработали дополнение к методике.

Так, для оценки эффективности деятельности дилера, устойчивости его положения и прогнозирования его перспектив введено несколько дополнительных показателей — общий коэффициент $K_п$ покрытия (текущей ликвидности); коэффициент $K_ф$ финансирования дилера; рентабельность $R_{пр}$ продаж конкретному дилеру; рентабельность $R_а$ активов; коэффициент $K_{о.а}$ оборачиваемости активов и установлены их оптимальные значения: они должны быть более вполне определенных значений. Например, $K_п$ — >3,0; $K_ф$ — >1,4; $R_{пр}$ — >r; $R_а$ — > 0,15; $K_{о.а}$ — 7,0; ПР — >0,75.

Эти дополнительные показатели дают предприятию очень ценную информацию. Например, $K_п$ оценивает способность дилера расплатиться за поставленный товар (оценка потенциальной платежеспособности); $K_ф$ показывает уровень зависимости контрагента от заемных средств (оценка финансовой независимости), что актуально для выявления рисков потенциального дефолта в условиях кредитного сжатия; $R_п$ (с учетом трансакционных издержек, которые можно отнести на данного посредника) — экономическую эффективность сотрудничества производителя с его точки зрения; $R_а$ — эффективность деятельности с точки зрения самого дилера; $K_{о.а}$ — насколько дилер умеет подстраиваться под изменяющуюся конъюнктуру рынка.

Таблица 2

Страна	Дилер	Показатели					
		ПР	$K_п$	$K_ф$	$R_{пр}$, %	$R_а$, %	$K_{о.а}$
Бельгия	"Виктори моторз"	0,800	1,95	0,98	2,10	19,16	5,10
Югославия	ФАД	0,400	2,29	1,52	1,09	11,83	1,87
Украина	ООО "Евроскладсервис"	0,714	1,76	0,77	9,11	7,56	3,43
	ПК "Кермет"	0,875	1,99	0,83	4,89	9,16	7,11
	ООО "Автексервис"	0,944	1,05	0,61	7,55	2,60	6,39
	ООО "АЗР"	0,733	2,31	1,06	1,19	2,04	1,20
Казахстан	ЗАО "Айдин"	0,777	1,23	0,82	8,61	18,45	3,18
	ПК "Каспий-балык"	0,700	2,59	1,34	7,47	21,70	5,04
Белоруссия	ЗАО "Объединенные технологии"	0,652	3,10	3,23	−0,34	4,01	0,46
	ОДО "Белмаркетинг"	0,924	1,80	1,29	0,03	1,60	0,81
	ОДО "Интеллектсервис"	0,545	1,40	0,91	1,80	2,16	4,26

Таблица 3

Показатель	10 баллов	"Цена" 1 балла	0 баллов
$K_п$	>3,0	−0,22	<1
$K_ф$	>1,4	−0,13	<0,2
$K_{пр}$, %	>10	−0,98	<1,2
$R_а$, %	>15	−1,22	<4
$K_{о.а}$	>7	−0,77	<0,1
ПР	>0,75	−0,083	0

Результаты экспертизы эффективности дилеров ОАО "УМЗ" по дополнительным показателям в 2006 г. приведены в табл. 2.

Чтобы упростить анализ, дилеров сегментировали на три группы. Для этого воспользовались методом 10-балльной оценки: приняли, что для получения 10 баллов дилер должен иметь значения дополнительных показателей и "цену" 1 балла, приведенные в табл. 3.

В соответствии с этой таблицей и были оценены фирмы-дилеры. Причем исходили из того, что максимальному баллу соответствуют оптимальное и лучшее значения, которые заданы исходя из общей практики ведения хозяйственной деятельности, а минимальному — показатели деятельности самого завода-производителя.

После выполнения балльной оценки снова отсегментировали дилеров (табл. 4).

Как видим, новая группировка существенно отличается от первоначальной, проведенной по критерию ПР. Например, в группу *А* попали не четверо, а только трое из посредников. Потому что новая группировка оценивает не только успешность реализации продукции УМЗ дилерами, но также и другие важные показатели. К примеру, то, что в случае выдачи товарного кредита дилеру даже с хорошим показателем ПР за предыдущий период для производителя существует риск дефолта со стороны этого посредника. (Например, из-за внезапного падения объемов реализации при высоком уровне зависимости дилера от заемных источников финансирования.) Чтобы риск уменьшить, т. е. обрести некие гарантии финансовой устойчивости со стороны дилерской сети, и необходима подобная оценка.

В то же время при новой группировке нельзя однозначно сказать, что от дилеров третьей (*С*) группы, наиболее неустойчивых и спорных с точки зрения финансового состояния, необходимо отказаться. Дело в том, что балансирующее на грани финансовой устойчивости предприятие зачастую оказывается агрессивно развивающимся, активно привлекающим кредиты на широкомасштабное развитие и направляющим всю прибыль на те же цели. Это подтверждается и распределением объемов реализации по группам: в 2006 г. наибольшие объемы пришлись на группы *В* (45 %) и *С* (43 %), тогда как на группу *А* — всего лишь 12 %.

Очевидно, что отказаться в данном случае от группы *С* — означает добровольно сократить свои объемы продаж вдвое. Но обезопасить себя от возможных рисков во взаимоотношениях с этими контрагентами нужно. Например, ввести дискриминационные условия по оплате для дилеров группы *С*, привилегированные — для группы *А* и оставить неизменной отноше-

Таблица 4

Страна	Дилер	Балльная оценка по показателям						Итого	Группа дилеров
		ПР	$K_п$	$K_ф$	$R_{пр}$	$R_а$	$K_{о.а}$		
Бельгия	"Виктори моторз"	10	5	6	1	1	7	30	B
Югославия	ФАД	5	6	10	10	0	3	31	B
Украина	ООО "Евроскладсервис"	9	4	5	9	3	5	35	B
	ПК "Кермет"	10	5	5	4	5	10	39	A
	ООО "Автексервис"	10	1	4	7	0	9	31	B
	ООО "АЗР"	9	6	7	0	0	2	24	C
Казахстан	ЗАО "Айдин"	10	2	5	8	10	5	40	A
	ПК "Каспийбалык"	9	8	9	7	10	7	50	A
Белоруссия	ЗАО "Объединенные технологии"	8	10	10	0	1	1	30	B
	ОДО "Белмаркетинг"	10	4	9	0	0	1	24	C
	ОДО "Интеллектсервис"	7	2	6	1	0	6	22	C

ния с группой *B*. Причем в качестве дискриминационных мер можно рассматривать товарный кредит не на всю сумму поставляемых продуктов, а лишь на половину или треть стоимости партии; введение предоплаты не менее чем 25 %, а также скидок за предоплату и проч. В качестве же привилегированных условий можно предложить использование системы передачи товара на реализацию, возможность увеличения срока возврата товарного кредита и т. п.

Все перечисленные и многие другие меры могут быть прописаны в стандарте предприятия по работе с дилерами как дополнение к уже существующей методике определения показателя ПР. В этом случае посредники (дилеры) будут иметь четкое представление об условиях сотрудничества и повышенную заинтересованность в улучшении показателей своей работы.

Литература

1. Афоничкин А. И., Шмелев А. П. Стратегия формирования технологических цепочек в интегрированных экономических системах. — Тольятти: "Деловая литература", 2008. — 463 с.
2. Гаврилов Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II. — СПб: Питер, Б 2003. — 352 с.
3. Дыбская В. В. Склад как эксперимент логистической системы // РИСК. — 2000, № 1—2. — С. 35—42.
4. Сорокин Е. Особенности национальной стандартизации на современном этапе // Стандарты и качество. 2003. № 8.

АСМ-факты

2009: МИМС и "Интеравто"

В конце августа 2009 г. в московском выставочном центре "Крокус-экспо" прошла крупнейшая в России традиционная автомобильная выставка. На сей раз она состояла из двух экспозиций: МИМС-2009 и "Интеравто-2009". Международный же "Автосалон" не проводился, так как проходит только по четным годам. Это обстоятельство в определенной мере ввело в заблуждение представителей ряда околоавтомобильных СМИ, поспешивших сообщить о провале очередного "Автосалона". Между тем и МИМС, и "Интеравто" всегда были и остаются выставками, ориентированными в первую очередь на специалистов, занимающихся производством, обслуживанием и реализацией автомобильной техники. И в этом плане обе выставки прошли на весьма неплохом уровне.

К сожалению, комплектной автомобильной техники в этом году было показано действительно мало. Причиной тому — не только пресловутый кризис, но и сама выставочная стратегия организаторов и экспонентов. В отличие от прежних выставок, проходивших в "Экспоцентре" на Красной Пресне, где все экспонировались одновременно и ежегодно, выставки в "Крокус-экспо" изначально было решено делать узкоспециализированными. Так, грузовая и автобусная техника должны, как правило, выставляться на ежегодном апрельском "Комтрансе", легковые — на "Международном автосалоне" раз в два года, а компоненты, технологии, аксессуары и оборудование для автосервиса — на "Автомеханическом салоне" в феврале, а также на МИМС и "Интеравто". Поэтому демонстрацию автомобилей на нынешней выставке вообще следовало бы считать исключением. Разумеется, многие предприятия в условиях финансового кризиса воспользовались этим и не приняли в ней участия, либо существенно его ограничили.

Из отечественных автозаводов обширную экспозицию продемонстрировали лишь ВАЗ и КамАЗ.

На стенде ВАЗа представлены были в полном составе все выпускаемые семейства (за исключением моделей классической компоновки). В том числе несколько "спортивных" комплектаций, которые, возможно, будут выпускаться малыми партиями, и модернизированный автомобиль ВАЗ-21214. Последний — продукция абсолютно серийная, отличающаяся от предшественника дополнительным индексом в обозначении — "-046", рядом узлов и технических решений, заимствованных у ВАЗ-2123, а внешне — новыми передними фонарями, пришедшими на смену подфарникам от ВАЗ-2103. (Напомним, бренд "Нива" принадлежит теперь СП "ДжиЭм-АвтоВАЗ", и собственное полноприводное семейство на ВАЗе называют "Лада 4×4".)

КамАЗ также показал широкий модельный ряд техники, главным новшеством которой стала обновленная кабина с новыми деталями облицовки и современной приборной панелью. Презентацию же данной кабины фирма провела за несколько месяцев до этого на выставке "Строительная техника и технологии". Семейство было показано практически в том же составе и в том же художественном оформлении. Присутствовала на выставке и одна из моделей автобуса НефАЗ.

"Кучно" выступила на выставке "Группа ГАЗ". Наиболее, пожалуй, интересным стал на ее стенде электромобиль, построенный на базе бортового автомобиля семейства "Газель". Здесь же были представлены изотермический фургон на шасси ГАЗ-3310 "Валдай", вахтовый автобус "Урал-3255-59" и дорожный (бескапотный) самосвал "Урал-6563", низкопольный городской автобус с гибридным приводом ЛиАЗ-5292, дизель из нового семейства ЯМЗ-530 — четырехцилиндровый ЯМЗ-5342 ("Евро-4") и др.

Бескапотные грузовые автомобили, уже знакомые посетителям выставок, показал московский ЗИЛ. Из продукции украинских предприятий представлены были самосвалы КрАЗ и малые автобусы "Эталон".

Деловая программа выставки также была достаточно насыщенной и разносторонней. Так, в рамках выставки "Интеравто" прошла 2-я Профессиональная конференция Российских автомобильных дилеров, а в рамках МИМС — конференция "Двигатели для российских автомобилей" и "Автомобильный форум".

УДК 629.026. 621.11/.14

КПД ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ С ПАРОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Кандидаты техн. наук Ю.А. АНТИПОВ,
П.Р. ВАЛЬЕХО МАЛЬДОНАДО, И.А. БАРСКИЙ
и И.К. ШАТАЛОВ

РУДН (8(495) 434-70-27)

Расчет гибридной установки, состоящей из двигателя внутреннего сгорания и парового двигателя, показал, что применение парового двигателя повышает мощность и экономичность установки на 10—12 %.
Ключевые слова: автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, паровой двигатель.

U.A. Antipov, P.R. Vallejo Maldonado, I.A. Barsky, I.K. Shatalov
EFFICIENCY OF HYBRID POWER INSTALLATION WITH STEAM ENGINE

Calculation of hybrid installation consisting from internal combustion engine and steam engine demonstrates that output and efficiency of such engine is 10—12 % higher than that of internal combustion engine.
Keywords: vehicle, internal combustion engine, steam engine.

В 2008 г. в СМИ появились сообщения о том, что фирма БМВ начала усилено заниматься автомобилем с гибридной силовой установкой, состоящей из бензинового двигателя и паровой машины. Данная установка работает следующим образом.

Отработавшие газы ДВС отдают содержащуюся в них теплоту охлаждающей жидкости (воде) в теплообменнике (паровом котле), превращая ее в пар высокого давления. Последний расширяется в поршневой паровой машине, соединенной с валом ДВС. Выходящий из нее пар низкого давления поступает в систему парового охлаждения ДВС, а из нее — на паровую турбину низкого давления, затем последовательно в конденсатор и теплообменник.

Фирма пока что испытала лишь отдельные элементы установки. Однако утверждает, что топливная экономичность такого гибрида будет на 10—15 % выше традиционного ДВС.

Возникает вполне резонный вопрос: реальны ли эти цифры? Чтобы ответить на него, авторы рассмотрели схему БМВ с учетом огромного, 150-летнего, опыта эксплуатации паровозов. Правда, несколько упростив ее. В частности, заменив паровое охлаждение ДВС жидкостным — системой с принудительной циркуляцией воды (рис. 1). При этом исследовались силовые установки двух типов — с бензиновым ДВС и дизелем. Оба — мощностью 100 кВт (136 л.с.). Давление и температура пара на выходе из теплообменника (парового котла) принимались такими же, как у последних паровозов, т. е. p_6 = 1,2 МПа (12 кгс/см^2) и t_6 = 523 К (250 °С); давление p_4 в конденсаторе, охлаждаемом воздухом, — равным атмосферному, т. е. 0,1 МПа (1 кгс/см^2), температура t_4 = 363 К (90 °С). Кроме того, вместо двух расширительных машин (поршневая паровая машина и паровая турбина низкого давления) была взята одна, которая может быть как поршневой, так и турбинной. Давление p_7 на выходе из этой машины считалось равным 0,1 МПа (1 кгс/см^2).

Полученные в результате расчетов зависимости относительного крутящего момента ($\overline{M_{KP}} = M_{KP}/M_{KPo}$) от относительной частоты вращения ($\bar{n} = n/n_o$) валов разных двигателей приведены на рис. 2. На них индексом "о" обозначены параметры максимального расчетного режима теплового двигателя.

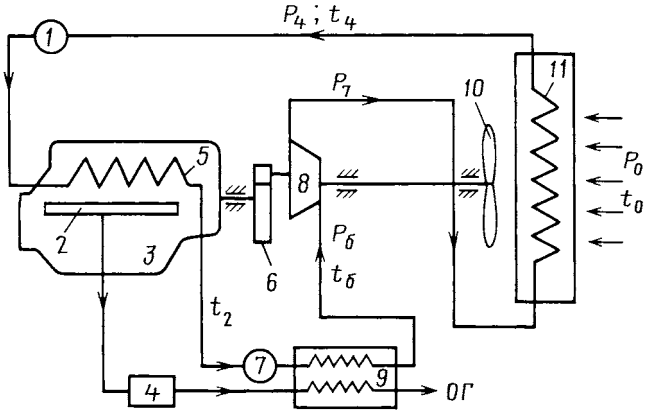


Рис. 1. Схема гибридного ДВС с паровой установкой:
1 — жидкостной насос; *2* — выпускной коллектор; *3* — ДВС; *4* — нейтрализатор отработавших газов; *5* — рубашка охлаждения; *6* — зубчатая передача; *7* — питательный насос; *8* — паровая машина; *9* — паровой котел; *10* — вентилятор; *11* — конденсатор

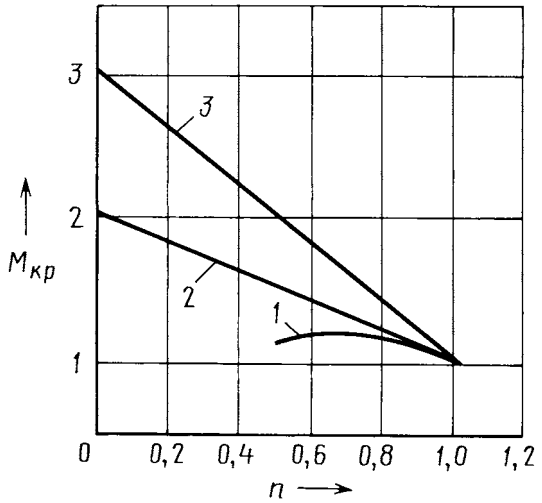


Рис. 2. Зависимость относительного крутящего момента от относительной частоты вращения:
1 — ДВС; *2* — паровая турбина; *3* — паровая поршневая машина

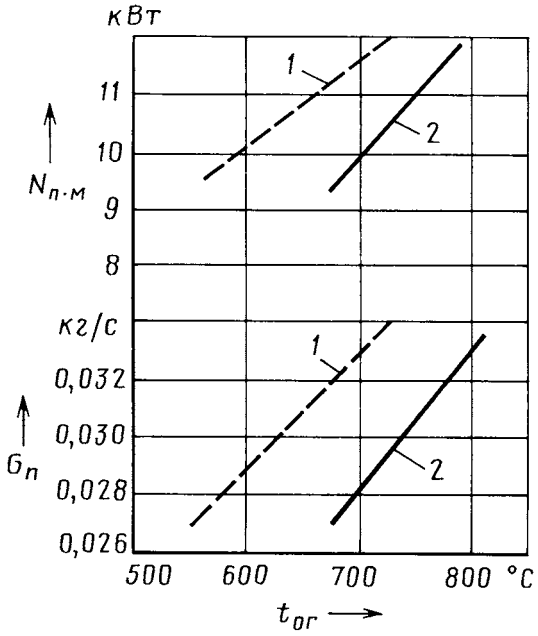


Рис. 3. Зависимость мощности паровой поршневой машины и расхода пара от температуры $t_{ог}$ отработавших газов при мощности ДВС, равной 100 кВт (p_6 = 1,2 МПа; t_6 = 250 °С; H = 460 кДж/кг; $\eta_{пм}$ = 0,8; $\eta_м$ = 0,95):
1 — дизель; *2* — бензиновый ДВС

Как видно из рисунка, наибольший крутящий момент дает паровая поршневая машина: при трогании автомобиля с места ($\bar{n}$ = 0) она создает в 3 раза больший $M_{кр}$, чем при номинальной частоте вращения. Правда, по абсолютной величине этот момент невелик, поскольку паровой двигатель развивает мощность, не превышающую 10—15 % мощности ДВС. Однако при трогании с места эта добавка может играть весьма существенную роль.

Используя известную методику расчета парогазовых установок, авторы определили параметры гибридных силовых установок, состоящих из бензинового двигателя или дизеля и расширительной паровой машины. При этом в качестве исходных данных принимались следующие: коэффициенты избытка воздуха у бензинового ДВС и дизеля соответственно равны 1 и 1,5; температуры t_2 охлаждающий жидкости на выходе из рубашки охлаждения обоих ДВС — 383 К (110 °С); температура t_6 отработавших газов на выходе из теплообменника в случае бензинового двигателя — 413 К (160 °С), а в случае дизеля — 393 К (120 °С); мощность, потребляемая вентилятором конденсатора, — соответственно 6 и 5 кВт; КПД процесса расширения пара — 0,8; давление p_4 = 0,1 МПа (1 кгс/см^2): температура t_4 конденсатора 363 К (90 °С); адиабатический перепад, срабатываемый в паровой машине, — 460 кДж/кг; ее внутренний КПД — 0,8, а механический — 0,95.

Полученные при этих условиях зависимости мощности $N_{п.м}$ паровой машины и расхода $G_п$ пара от температуры отработавших газов на входе в теплообменник (паровой котел) приведены на рис. 3. Из него следует, что от установки с бензиновым ДВС можно получить дополнительную мощность, равную 10—12 кВт, т. е. ее мощность, топливную экономичность, действительно, можно увеличить на 10—12 %. Точно такой же прирост получается и в случае дизеля. Дело в том, что хотя у дизеля температура отработавших газов на 100—150 К ниже, но их расход на 50 % выше, чем у бензинового ДВС.

Литература

1. Turbosteamer Engine // Automotive Industries. 2008. № 3. P. 27—30.
2. И. К. Шаталов, И. А. Барский. Регулировочные характеристики газотурбинных установок. — М.: РУДН, 2003. 120 с.

УДК 621.43

Результаты исследования крутильной жесткости блоков цилиндров ДВС

И.С. АНТОНОВ, О.Н. БАЛАШОВ, Г.В. БЕЛИКОВ

Ульяновский ГУ (8(8422) 41-20-88)

Приведены результаты экспериментальных исследований крутильной жесткости блоков цилиндров двигателей УМЗ-249 и УМЗ-417 для различных вариантов их комплектности.
Ключевые слова: блок, жесткость, цилиндр, картер, гильза, головка, датчик, эксперимент, коленчатый вал, индикатор.

Antonov I.S., Balashov O.N., Belikov G.V.
THE TEST RESULTS CONCERNING TORSIONAL STIFFNESS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE CYLINDER BLOCKS

Testing results of UMZ-249 and UMZ-417 cylinder blocks torsional stiffness referring to different complete version are examinated.
Keywords: block, stiffness, cylinder, crankcase, sleeve, head, sensor, test, crankshaft, indicator.

Жесткость блока цилиндров двигателя, по логике, должна определять его работоспособность и, следовательно, ресурс. Однако выполненные одним из авторов эксперименты по определению изгибной жесткости блоков цилиндров показали, что полученной информации недостаточно, чтобы сделать заключение о степени влияния жесткостных параметров блока цилиндров на его долговечность. Необходима еще и информация о крутильной жесткости блока. И он прав: результаты дополнительных экспериментов, в качестве объектов которых были взяты блоки цилиндров двигателей УМЗ-249 и УМЗ-417, первый из которых — с залитыми гильзами, а второй — со вставными должны заинтересовать создателей ДВС.

Начнем с двигателя УМЗ-249, коренные опоры которого объединены в единую плиту, закрепленную в нижней части блока цилиндров.

Эксперименты проводились в трех комплектациях: "блок—головка—картер коленчатого вала"; "блок—головка"; "блок". Перемещения ΔL картера от прилагаемого крутящего момента $M_{кр}$ измерялись (как это показано на рис. 1) шестью (*1—6*) датчиками. Результаты экспериментов приведены соответственно на рис. 2—6.

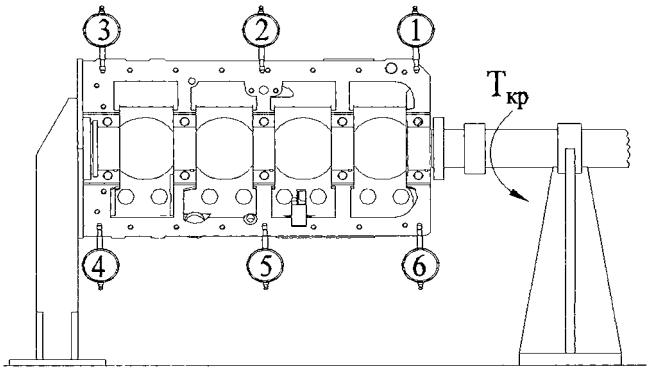


Рис. 1. Схема установки датчиков

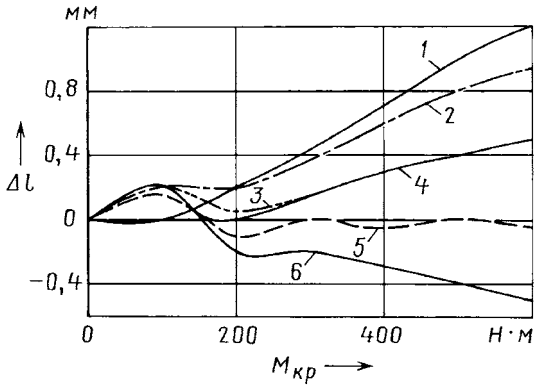


Рис. 2. Зависимость перемещений ΔL плоскости картера коленчатого вала двигателя УМЗ-249 от крутящего момента в случае первой комплектации:
1—6 — номер датчика

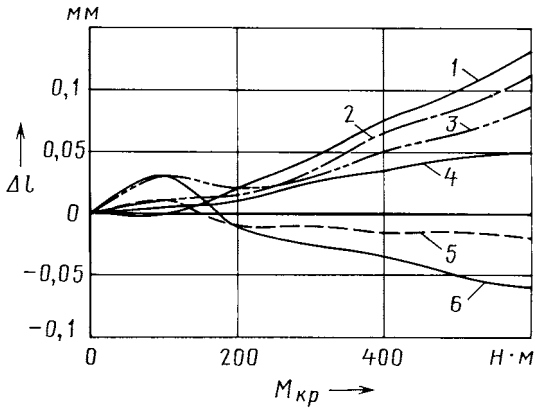


Рис. 3. Зависимость перемещений плоскости блока цилиндров двигателя УАЗ-269 в случае второй комплектации:
1—6 — номер датчика

Сопоставляя их, можно сделать следующие выводы.

Жесткость блока цилиндров в сборе с головкой и картером коленчатого вала (см. рис. 2), как и следовало ожидать, выше жесткости образцов второй (см. рис. 3) и третьей (см. рис. 4) серии опытов: на жесткость блока больше влияет именно картер коленчатого вала, чем головка блока.

Но на рисунках есть и несколько "своеобразные" показания индикаторов при малой ($M_{кр}$ = 100 Н·м) нагрузке. Они вызваны, по всей видимости, выборкой зазоров, пластическими контактными деформациями и т. п. Теми же самыми причинами можно объяснить и "странные" показания датчиков *3* и *4* (см. рис. 1).

В блоке цилиндров двигателя УМЗ-417 (со вставными гильзами) крышки коренных подшипников изготовлены отдельно на каждую опору коленчатого вала. Здесь опыты проводились на двух комплектностях: "блок—головка"; "блок". Их результаты — на рис. 5 и 6.

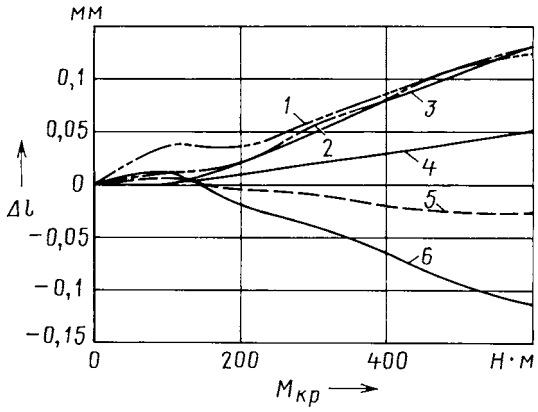


Рис. 4. Зависимость перемещений плоскости блока цилиндров двигателя УАЗ-269 в случае третьей комплектации

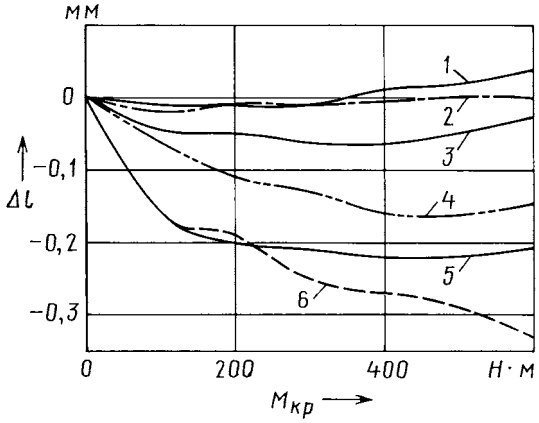


Рис. 5. Результаты первой серии опытов с двигателем УМЗ-417

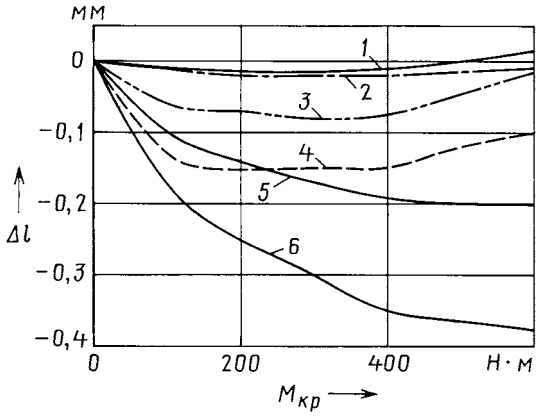


Рис. 6. Зависимость перемещений плоскости блока цилиндров двигателя УМЗ-417 от крутящего момента и номера датчика

Как следует из рисунков, головка блока УМЗ-417 на крутильную жесткость (датчики *1—3* на рис. 1) практического влияния не оказывает, что можно объяснить конструктивно более жесткой стороной блока, где датчики расположены.

Но в целом можно сказать, что блок двигателя УМЗ-249 с залитыми гильзами намного (в несколько раз) жестче, чем блок УМЗ-417 со вставными гильзами.

Выводы, которые можно сделать из результатов экспериментов, следующие.

1. Картер коленчатого вала значительно увеличивает крутильную жесткость блока цилиндров в зоне расположения коленчатого вала.

2. Головка блока цилиндров влияния на нее практически не оказывает.

3. Блок с залитыми гильзами более чем в 2 раза жестче блока со вставными гильзами.

4. Блок цилиндров с залитыми гильзами и картером коленчатого вала — наиболее удачная с рассматриваемой точки зрения конструкция.

УДК 62.573

Альтернативные источники тока для систем электростартерного пуска ДВС

Кандидаты техн. наук С.А. ЛЕБЕДЕВ, В.С. АНТИПЕНКО

Рязанский ВАИ, МГТУ "МАМИ" (8(495) 223-05-23)

Указано на повышение интереса к разработке комбинированного источника тока, включающего химический источник тока и накопитель энергии. Представлена сравнительная оценка трех альтернативных источников тока для систем электростартерного пуска двигателей военной техники. Приведен анализ натурных испытаний.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, сравнительная оценка, основные параметры, накопитель энергии, система электрического пуска.

Lebedev S. A., Antipenko V. S.

ALTERNATIVE SOURCES OF THE CURRENT FOR SYSTEMS OF THE ELECTRIC STARTING ENGINES OF INTERNAL COMBUSTION

It is specified on increasing of the interest to development of the multifunction source of the current, including chemical source of the current and drive to energy. The comparative estimation three alternative sources of the current will presented for systems of the electric starting the engines of the military machines. The broughted analysis of the machine test.

Keywords: storage battery, comparative estimation, main parameters, drive to energy, system of the electric starting.

Теперь уже и заказчики, и изготовители ВАТ имеют единственную точку зрения: все они — сторонники модульного принципа построения бортовых источников тока. Более того, подольское ЗАО "НИИСТА" при участии специалистов 21 и 38 НИИИ МО РФ, а также Рязанского ВАИ разработало модульную аккумуляторную батарею 6ТСТС-100А, реализующую данный принцип (см. АП, 2009, № 11). С 2007 г. ее серийное производство освоено в Саратове.

Технические характеристики батареи-модуля типа 6ТСТС-100А следующие:

Номинальное напряжение, В	12
Параметры длительного (20-часового) режима разряда:	
ток разряда, А	5
номинальная емкость, А·ч	100
конечное напряжение, В	10
Параметры стартерного режима разряда при температуре электролита 298 К (25 °С) не позже второго цикла:	
ток разряда, А	600
длительность разряда, мин	3
конечное напряжение, В	9
Параметры стартерного режима разряда при температуре электролита 303 К (30 °С) не позже второго цикла:	
ток разряда, А	600
длительность разряда, мин	1
конечное напряжение, В	6
Масса, кг, не более:	
без электролита	27
с электролитом	35
Габаритные размеры, мм, не более:	
длина	286,5
ширина	236,5
высота	240

Но батарея 6ТСТС-100А, к сожалению, сохраняет все недостатки, характерные для моноблочных стартерных свинцовых аккумуляторных батарей. Однако модульность построения делает ее незаменимой при создании систем пуска на основе альтернативных источников энергии. В частности, на основе емкостных молекулярных накопителей энергии (МНЭ): в этом случае модульный принцип построения источника тока с использованием батарей-модулей 6ТСТС-100А становится оптимальным решением задачи создания комбинированного источника тока для объектов ВАТ с соблюдением жестких требований к габаритно-присоединительным размерам, он позволяет снизить емкость батареи-модуля, ее массу и стоимость. Кроме того, системы пуска с МНЭ могут обеспечить пуск двигателя при значительной степени разряженности батареи, что повышает эксплуатационную надежность автомобиля, особенно в условиях низких температур.

Перечисленные достоинства молекулярных накопителей энергии, а также малое внутреннее их сопротивление и высокая удельная мощность дают возможность использовать их в системах пуска в качестве промежуточных источников энергии, размещая их между батареей и стартером, а выделение энергии накопителями за короткий промежуток времени — развивать электростартеру значительную мощность, вращать коленчатый вал с большой пусковой частотой и, тем самым, повысить надежность пуска ДВС. А так как батарея-модуль разряжается на молекулярный накопитель энергии в течение длительного, по сравнению с продолжительностью процесса пуска ДВС, времени, то ее емкость можно значительно уменьшить.

К преимуществам молекулярных накопителей энергии в системе пуска можно также отнести большой срок службы (несколько десятков тысяч часов). Они не требуют обслуживания, нетоксичны, условия пуска ДВС менее зависимы от состояния батареи и др.

Однако все сказанное о достоинствах системы пуска "аккумуляторная батарея + молекулярный накопитель энергии" — лишь качественная ее оценка. Чтобы получить более полную, качественную оценку, специалисты Рязанского ВАИ и московского ЗАО "НПО "ТехноКор" разработали электрическую схему (рис. 1) такой системы для автомобиля "Урал-4320-31" и провели ее комплексное исследование как в лабораторных, так и в дорожных условиях. При этом установлено следующее.

Силы стартерного тока при проворачивании коленчатого вала двигателя в течение 15 с при полностью заряженной аккумуляторной батареи изменяются так, как это показано на рис. 2. То есть пиковая нагрузка на комбинированный источник тока наблюдается в течение первых 0,02—0,5 с. Причем накопитель энергии в первые 2 с снижает нагрузку на батарею в 1,5—2 раза. В то же время он обеспечивает пуск двигателя в течение 0,5—1,5 с. Но наибольший эффект достигается (на рисунке не показано), когда аккумуляторная батарея разряжена и самостоятельно обеспечить пуск не может.

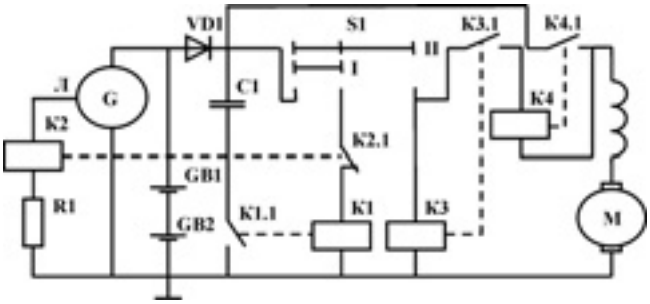


Рис. 1. Принципиальная схема системы электростартерного пуска двигателя автомобиля "Урал-4320-31", имеющая комбинированный источник тока:

GB1 и *GB2* — аккумуляторные батареи-модули; *C1* — молекулярный накопитель энергии; *M* — стартер; *G* — генератор; *S1* — выключатель приборов и стартера; *K1* — реле включения молекулярного накопителя энергии с контактами *K1.1*; *K2* — управляющее реле с нормально замкнутыми контактами *K2.1*; *K3* — реле включения стартера с контактами *K3.1*; *K4* — тяговое реле с контактами *4.1*; *VD1* — полупроводниковый вентиль; *R1* — резистор

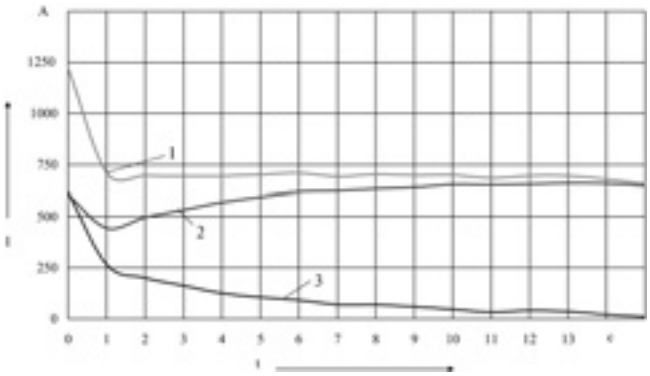


Рис. 2. Изменение силы стартерного тока при проворачивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238М2-32:

1 — комбинированный источник в целом; *2* — аккумуляторная батарея; *3* — молекулярный накопитель энергии

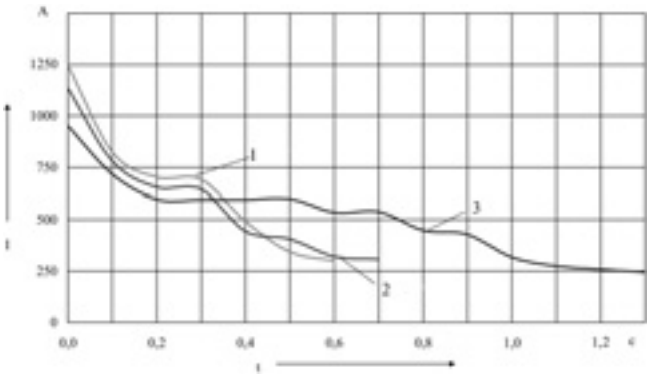


Рис. 3. Изменение силы стартерного тока МНЭ-210/28 при пуске дизеля ЯМЗ-238М2-32:

1 — напряжение 30 В; *2* — напряжение 28 В; *3* — напряжение 24 В

Как уже упоминалось, эффективность использования молекулярных накопителей энергии зависит от напряжения, до которого он заряжен. В рассматриваемой системе электропуска с комбинированным источником тока этот накопитель заряжается от аккумуляторных батарей, поэтому и напряжение на его клеммах равно напряжению батарей, т. е. 24,5 В.

Чтобы сравнить, насколько можно повысить эффективность накопителя, авторы выполнили три пуска двигателя только от энергии МНЭ-210/28, заряженного до напряжений 24, 28 и 30 В. То есть с имитацией трех возможных вариантов заряда накопителя: от бортовой батареи (24 В), бортового генератора (28 В) и при использовании дополнительного повышающего преобразователя напряжения или внешнего зарядного устройства (30 В).

Изменения силы тока, выдаваемого МНЭ-210/28 на электростартер, иллюстрирует рис. 3. Как видим, максимальную "помощь" аккумуляторной батарее оказывает накопитель, заряженный до 30 В: пуск двигателя осуществляется за 0,38 с. А коленчатый вал вращается со средней частотой 83 мин$^{-1}$. (Для сравнения: при заряде накопителя до 24 В пиковое значение силы тока меньше на 300 А, время пуска двигателя — 0,88 с, а средняя частота вращения коленчатого вала — 53 мин$^{-1}$.)

Таким образом, для повышения эффективности использования молекулярных накопителей энергии не обязательно увеличивать их емкость. Достаточно повысить напряжение заряда.

Этот вывод очень интересен с практической точки зрения. Он означает, что на технике, находящейся на хранении с приведенными в рабочее состояние аккумуляторными батареями, или на технике малоинтенсивной эксплуатации, когда батареи могут оказаться разряженными до 50 % и ниже, молекулярный накопитель энергии решает, по сути, проблему ее боеготовности.

Не менее интересны с практической точки зрения и результаты сравнения комбинированного источника тока со штатными аккумуляторными батареями и модульным источником тока.

Так, если сравнить кривые изменения силы стартерного тока (кривые *1*, *2*, *3* на рис. 4), напряжения (кривые *1, 2, 3* на рис. 5) и частоты вращения коленчатого вала (кривые *1*, *2*, *3* на рис. 6) при его проворачивании (дизель ЯМЗ-238М2-32), то видно: максимальный ток (1500 А) в начальный момент пуска наблюдается в случае использования модульного источника, что объясняется высокими электрическими характеристиками батареи-модуля. В случае же двух других источников он равен 1200 А. Однако если вернуться к рис. 2, то легко заметить, что модульный источник питания, работая в составе комбинированного источника тока, в этот момент отдает всего лишь 600 А.

Таким образом, использование накопителя энергии позволило не только уменьшить его емкость в 2 раза, но и снизить токовые нагрузки на него при стартерных режимах разряда, что должно увеличить ресурс батарей-модулей и приблизить его к ресурсу накопителей энергии.

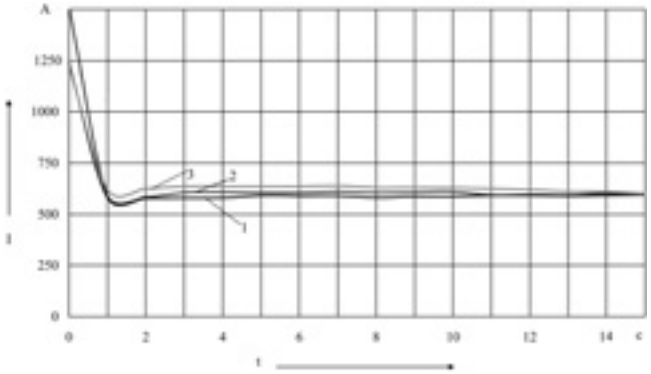


Рис. 4. Изменение силы стартерного тока при прокручивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238-М-2 от различных источников энергии:
1 — две батареи 6СТ-190А: *2* — четыре батареи 6ТСТС-100А; *3* — две батареи 6ТСТС-100А и МНЭ-210/28

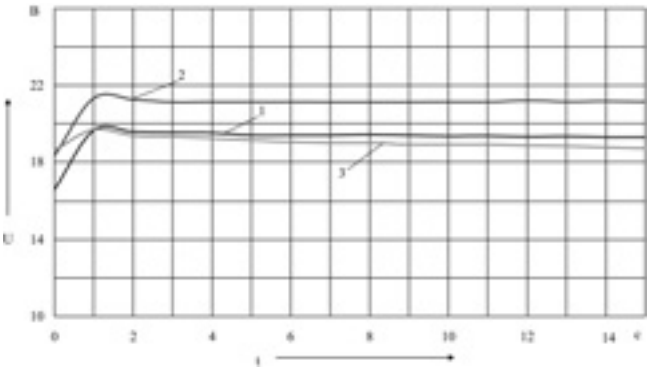


Рис. 5. Изменение напряжения при прокручивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238-М-2 от различных источников энергии:
1 — две батареи 6СТ-190А: *2* — четыре батареи 6ТСТС-100А; *3* — две батареи 6ТСТС-100А и МНЭ-210/28

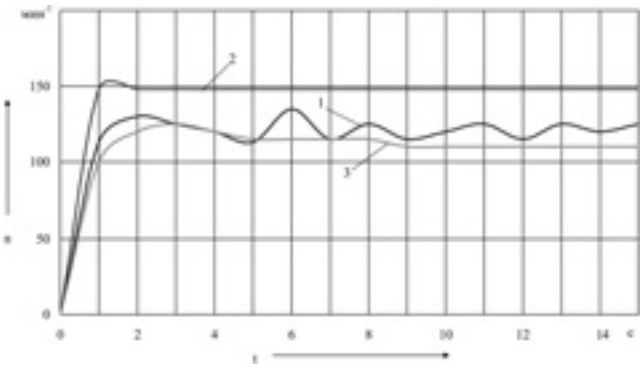


Рис. 6. Изменение частоты вращения при прокручивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238-М-2 от различных источников энергии:
1 — две батареи 6СТ-190А: *2* — четыре батареи 6ТСТС-100А; *3* — две батареи 6ТСТС-100А и МНЭ-210/28

Так как в начальный момент пуска ток модульного источника питания в комбинированном источнике ниже, то и падение напряжения на нем незначительное — до 18,61 В. Тогда как у штатных батарей оно снижается до 16,54 В, у источника 6ТСТС-100А — до 18,31 В. Благодаря этому повышается надежность срабатывания элементов систем электрооборудования, особенно критичных к перепадам напряжения. При более длительном проворачивании коленчатого вала напряжение комбинированного источника тока постепенно снижается — сказывается меньшая емкость МИП.

Частота вращения коленчатого вала при пуске в случае комбинированного источника тока достаточно высока и обеспечивает надежный пуск дизеля. При этом следует особо отметить равномерность и высокое значение, 150 мин$^{-1}$, этой частоты при проворачивании коленчатого вала.

Таким образом, испытания показали, что все три (батареи 6СТ-190А, модульные батареи 6ТСТС-100А и состоящие из 6ТСТС-100А плюс МНЭ 210/28) источника тока соответствуют требованиям ОСТ 37.001.052 и ОСТ 37.001.066. Но применять их на ВАТ следует в зависимости от условий эксплуатации: для техники малоинтенсивной эксплуатации или находящейся на боевом дежурстве целесообразно использовать модульные комбинированные источники тока; в тяжелых условиях эксплуатации, в районах с низкими температурами — модульный и комбинированный источники тока; в районах с умеренным климатом — аккумуляторные батареи 6СТ-190А. Однако для обеспечения унификации в перспективе необходим переход на батареи-модули 6ТСТС-100А и комбинированные источники тока.

ВНИМАНИЕ!

Напоминаем: направлять статьи и вести переписку с редакцией
быстрее и удобнее с помощью электронной почты.
Наш адрес: avtoprom@mashin.ru

УДК 621.43.019.8

Транзисторные коммутаторы систем зажигания отечественного производства

Канд. техн. наук В.А. НАБОКИХ,
д-р техн. наук И.М. ОПАРИН

МГТУ "МАМИ", ГУУ (8(495) 223-05-23)

Приводятся технические характеристики и конструктивные особенности отечественных транзисторных коммутаторов электронных систем зажигания. Рассмотрены дискретные и интегральные конструкции транзисторных коммутаторов, показано, что применение интегральных технологий уменьшает весовые и габаритные характеристики транзисторных коммутаторов.

Ключевые слова: транзисторный коммутатор, электронные системы зажигания, технические характеристики, производство, дискретный, интегральный.

Nabokih V. A., Oparin I. M.

RUSSIAN TRANSISTORIZE SWITCHBOARD OF ELECTRONIC IGNITION SYSTEM

In this article descried and analyze technical design Russian transistorize switchboard of electronic ignition system, Integral design reduce weight and size transistorized switch.

Keywords: transistorized, switchboard, technical, unit, integral, Russian, production, electronic, ignition, system.

В бесконтактных системах зажигания, выпускаемых в России (и не только), используются, как и в контактных системах, катушки зажигания с добавочным резистором. И, кроме того, транзисторные коммутаторы и датчик момента зажигания. Причем последний, как правило, магнитоэлектрический (МЭД), с ненормированным накоплением энергии в катушке зажигания.

Это, конечно, шаг вперед по сравнению с системами на основе механического прерывателя ("молоточек-наковаленка"). Но у таких систем есть один, причем существенный, недостаток: зависимость выходного напряжения катушки зажигания и индуктивности обмотки магнитоэлектрического датчика от частоты вращения коленчатого вала двигателя, в результате чего создается "плавающий" момент искрообразования (с ростом частоты искрообразование "запаздывает"), отрицательно сказываясь на показателях ДВС.

Чтобы компенсировать данный недостаток, в системах зажигания приходится оставлять механические регуляторы УОЗ или применять наборы специально подобранных резисторов и емкостей.

И еще. На малых частотах вращения коленчатого вала, когда выходное напряжение МЭД мало, а выходной транзистор по этой причине не переходит в режим насыщения, система начинает работать очень неустойчиво, и, чтобы избежать этого, приходится вводить положительную обратную связь между коллектором выходного и базовой цепью входного транзисторов. Правда, в последнее время появились МЭД коммутаторного типа, которые эту задачу решают без усложнения конструкции.

Однако все перечисленное — полумеры. Более радикально проблему решает применение в транзисторном коммутаторе специализированной микросхемы L484D1, которая согласована по рабочему процессу с МЭД и превращает бесконтактную систему зажигания в систему с нормируемым временем накопления энергии в первичной цепи катушки зажигания. Но такие коммутаторы пока не освоены отечественной промышленностью. Тем не менее она уже выпускает коммутаторы, по своим свойствам близкие к ним.

Приведем несколько примеров.

Первый из них — транзисторный коммутатор на микросхемах L497D1 в системах зажигания с датчиком Холла. Выходное напряжение в таких системах в целом не зависит от частоты вращения коленчатого вала ДВС. То есть оно гарантированно постоянно при n = var. И все дело — в специализированной микросхеме: она работает так, что с ростом частоты вращения коленчатого вала увеличивается и относительное время включения первичной обмотки катушки зажигания в бортовую сеть. (Хотя, заметим, абсолютное время включения, или время накопления, энергии в катушке остается неизменным.)

Микросхемы в таких системах обеспечивают стабилизацию силы тока в первичной цепи катушки зажигания, время накопления энергии и, значит, постоянство вторичного напряжения. Выполняется это путем регулирования времени, в течение которого выходной транзистор находится в открытом состоянии, и, следовательно, времени включения первичной цепи обмотки зажигания в бортовую электросеть, а также ограничения (или стабилизацией) величины силы тока в первичной цепи. В итоге решается не только главная задача, но и предотвращается перегрев катушки зажигания, обеспечивается ее защита от аварийных режимов, формируется электрический сигнал для тахометра, ограничивается ток выходного транзистора при превышении напряжения бортовой сети 15,5 В.

Есть и еще ряд оригинальных решений.

Так, для ускорения нарастания силы тока в первичной обмотке для катушки зажигания снижено сопротивление ее первичной обмотки, что резко уменьшило количество выделяемой в ней тепловой энергии. Правда, это не допускает длительного нахождения ключа зажигания во включенном положении при неработающем ДВС. Поэтому коммутатор отключает катушку зажигания, если включено электроснабжение, а коленчатый вал двигателя неподвижен.

Одним из первых в России начали выпускать транзисторный коммутатор 36.3734 с датчиком Холла, выполненный на дискретных элементах-микросхемах, транзисторах, диодах, стабилитроне, резисторах и конденсаторах. Он имел большие габаритные размеры и массу, а также за счет большего числа как активных, так и пассивных элементов электронной техники — и недостаточно высокую надежность. Но уже во втором коммутаторе, 3620.3734, для реализации сложных функций управления были применены упоминавшаяся выше специализированная микросхема L497B и выходной каскад на транзисторе BU931Z, что в какой-то мере решило данную проблему. Более полное же ее решение было достигнуто с помощью гибридной технологии и применения бескорпусных специализирован-

Система зажигания	Модель коммутатора, конструкция	Номинальное напряжение, $U_н$, В	Максимальная сила тока, I_{max}, А	Конструкция разъема	Масса, кг	Области применения	Изготовители
С магнитоэлектрическим датчиком	ТК-200, дискретная	12	8,5	Три герметичных разъема	0,8	ЗИЛ-509.10	АОЗТ "СОАТЭ"
	13.3734-01, дискретная	12	8,0	Четыре винтовые клеммы	0,36	ЗМЗ-66; ЗМЗ-402.10; ЗМЗ-53; УМЗ-414Ф	
	90.3734, дискретная	12	8,0	То же	0,36	ЗМЗ для легковых и грузовых автомобилей	ОАО "Автоприбор"
	94.3734, дискретная	12	8,0	"	0,36	ЗМЗ, УМЗ	ОАО "ЧПЗ ЭЛАРА"
	97.3734, гибридная	12	8,0	"	0,18	ЗМЗ-53; УМЗ-414А	ООО "АСТРО"
	131.3734, дискретная	12	8,0	"	0,42	ЗМЗ-402.10; ЗМЗ-53; УМЗ-414А	АОЗТ "СОАТЭ"
С датчиком Холла	3660.3734, дискретная	12	7,5	Семиштеккерный разъем	0,36	ЗИЛ - 508.10	АОЗТ "МЗАТЭ-2"
	036.3734, дискретная	12	7,5	То же	0,30	ВАЗ-2106; ВАЗ-2107; ВАЗ-2121; ВАЗ-2113; ВАЗ-2110; УфМЗ-412; ЗМЗ-24-01; УМЗ-451М; ЗИЛ-508.10	АОЗТ "МЗАТЭ-2"
	6420.3734, дискретная	12	7,5	"	0,42	МПСЗ	
	76.3734, гибридная	12	7,5	"	0,25	УМЗ-451М; ВАЗ-1111; ЗИЛ-508.10	
	84.3734, двухканальная гибридная	12	7,5	"	0,30	МПСЗ	
	95.3734, гибридная	12	7,5	"	0,22	ВАЗ-2108; ВАЗ-1111	ООО "АСТРО"
	98.3734, дискретная	12	7,5	"	0,35	ВАЗ-2108; ВАЗ-2109; ВАЗ-2113	ОАО ЧПЗ "ЭЛАРА"

ных микросхем, в которых и на одном кристалле кремния по схеме Дарлингтона объединяются такие функциональные компоненты, как усилители, интеграторы, инверторы, компараторы, транзисторы.

Затем на базе коммутаторов 36.3734 и 3620.3734 были разработаны двухканальные коммутаторы 42.3734 (АОЗТ "МЗАТЭ-2") и 98.3734 (ОАО ЧПЗ "ЭЛАРА"), имеющие дополнительный управляющий вход для сигнала разделения канала контроллера или двух сигналов с датчиков Холла и двухканальный выход на две двухвыводные катушки зажигания. (Они применяются в микропроцессорных системах управления и на двухцилиндровых ДВС.)

Но самым резким, можно сказать, прорывным решением стало создание и постановка на производство одноканальных коммутаторов 76.3734 (АОЗТ "МЗАТЭ-2"), 95.3734 (ООО "АСТРО"), выполненных по той же технологии, которые имеют предельно малые габаритные размеры и высокие показатели надежности. Их конструктивная основа — керамическая плата, на которой размещены резисторы, полученные обжигом резистивных и диэлектрических паст и подогнанные по номиналу с помощью лазерных установок, а также микросхема L497D1, конденсаторы и диоды.

Второй вариант коммутатора, изготовленного по гибридной технологии, — двухканальный 84.3734—05 — имеет "весовые" характеристики в несколько раз меньшие, чем его дискретный аналог (180 вместо 430 кг.)

Такое же конструктивное исполнение имеет и коммутатор 42.3705.

Таким образом, можно сказать, что в России налаживается производство систем зажигания, отвечающих современным требованиям. Это подтверждает и таблица, в которой приведена номенклатура освоенных отечественной промышленностью коммутаторов. Их, как видно из таблицы, достаточно много, что позволяет производителям автомобильной техники ориентироваться не только на коммутаторы зарубежного производства, как это было в недалеком прошлом, но и на отечественные изделия. Более того, у автозаводов и моторных заводов появилась возможность выбора.

УДК 502.3:504.5:621.43.064

Математическая модель загрязнения воздушной среды автотранспортными средствами

Канд. техн. наук Л.Х. БАДАЛЯН

Ростовская-на-Дону ГАСХМ (+7(863) 254-97-22)

Разработана математическая модель масс выбросов загрязняющих веществ в воздушную среду в зависимости от нагрузки двигателя автотранспортного средства. Приведены формулы расчета эффективной мощности на режимах работы двигателя с учетом кинематических и динамических характеристик движения передвижного источника.

Ключевые слова: математическая модель, автотранспортные средства, воздушная среда, загрязняющие вещества, расход отработавших газов, кинематические и динамические характеристики движения.

Badalian L. K.

MATHEMATICAL MODEL OF POLLUTION OF THE AIR ENVIRONMENT AT PERFORMANCE OF TRANSPORT WORK BY A MOBILE SOURCE

The mathematical model of mass of emissions of polluting substances on air environment depending on loading of the engine of the vehicle is developed. Formulas of calculation of effective power on power setting taking into account kinematic and dynamic characteristics of movement of a mobile source are resulted.

Keywords: mathematical model, vehicles, the air environment, polluting substances, the expense of the fulfilled gases, kinematic and movement dynamic characteristics.

В последнее время все чаще концентрация вредных веществ в воздухе вблизи автомагистралей становится основанием для полемики по поводу неприемлемо высокой эмиссии поллютантов с отработавшими газами АТС и, в связи с этим, о необходимости производства более экологичных автомобилей. Не принижая актуальности задачи снижения выбросов передвижными источниками, во-первых, следует обратить внимание на малое число проб воздуха для расчета максимально разовых и среднесуточных концентраций токсичных и канцерогенных веществ, во-вторых, методики определения масс выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами по экспериментально найденным на открытой местности концентрациям трудно назвать корректными. В итоге получается, что полемика базируется на недостаточно достоверных данных. Отсюда и ее фактическая безрезультатность.

Сложившуюся ситуацию, по мнению автора, можно исправить, если наряду с совершенствованием технической и методической баз для определения экологических характеристик атмосферного воздуха использовать расчетные методы и математические модели.

Рассмотрим, как это можно сделать.

Массовый расход M_{ijkz} вредных веществ с отработавшими газами автомобильного ДВС можно определить по формуле № 1 (см. таблицу), а входящий а нее объемный расход $Q_{\text{ог}\,jkz}$ отработавших газов — по формуле № 2. Что же касается параметра c_i, входящего в формулу № 1, то это функции (концентрации) вредных веществ в отработавших газах: $c_i = f(\bar{\alpha})$ или $c_i = f(\bar{N})$.

Их можно определить, если известны $\bar{\alpha}$ и $\bar{N}$.

Покажем, например, как определяется $\bar{N}$ в зависимости от нагрузки двигателя.

Чтобы решить эту задачу, представим систему уравнений (формула № 3) для касательной силы F тяги, первое из которых получено путем преобразования формул, отражающих механические характеристики трансмиссии, второе — из уравнения движения при изменении кинетической энергии системы "двигатель—транспортное средство" после подстановки в него сил, реакций и моментов сил.

Решая данные уравнения совместно, получим общую зависимость эффективной мощности N_e двигателя от кинематических и динамических факторов движения (формула № 4).

Конкретные же ее значения можно определить при известных v, a, $\eta_{\text{тр}}$ и $\delta_{\text{вр}}$.

Рассмотрим, как влияет нагрузка двигателя на $\eta_{\text{тр}}$ и $\delta_{\text{вр}}$. Для этого представим $\eta_{\text{тр}}$ в виде его зависимости от относительного крутящего момента $\bar{M}_e$ на коленчатом валу двигателя, т. е. функцией отношения эффективного крутящего момента M_e к номинальному крутящему моменту $M_{\text{ном}}$, или, что то же самое, функцией от деления относительной мощности на относительную частоту $\bar{n} = n/n_{\text{ном}}$ вращения двигателя, т. е. в виде $\bar{M}_e = f\left(\frac{\bar{N}}{\bar{n}}\right)$. При этом отметим, что эмпирические выражения $\bar{n} = f(\bar{N})$ для двигателей разных типов, упрощающие поиск $\eta_{\text{тр}}$, приведены в литературных источниках.

Используя их и исследовав с помощью ЭВМ области энергетически невыгодных нагрузочных режимов, получены графические зависимости (рис. 1) $\eta_{\text{тр}}$ от $\frac{\bar{N}}{\bar{n}}$ для грузового (кривая *1*) и легкового (кривая *2*) автомобилей [1, 3]. Первая из них с достаточно высокой степенью приближения представлена в виде экспоненциальной функции, а вторая — функции гиперболического вида.

Коэффициент $\delta_{\text{вр}}$, по сути, есть не что иное, как эквивалент силы инерции, создаваемой вращающимися массами АТС и его двигателя. Поэтому в зависимости

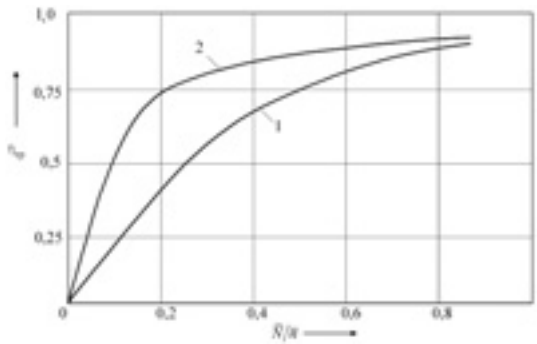


Рис. 1. Изменение механического КПД трансмиссий грузового (1) и легкового (2) автомобилей от нагрузки двигателя

от поставленной цели и возможностей исследователя, наблюдающего движение единичного автомобиля или транспортного потока, автор предлагает два варианта определения этого коэффициента.

Первый: ускорение a АТС известно (кинематические характеристики движения, в том числе ускорение, конкретного автомобиля могут определяться, например, GPS-приемниками и выводиться на интерфейс

№ формулы	Формула	Примечание
1	$M_{ijkr} = k_п Q_{ог\,jkr} c_i$	$k_п$ — коэффициент соответствия размерностей; $Q_{огjkr}$ — объемный расход отработавших газов двигателями автомобилей; c_i — концентрация i-го вредного вещества в отработавших газах; j — тип АТС (легковые, грузовые, микроавтобусы, автобусы); k — тип ДВС по используемому топливу (бензин, дизельное, газовое); r — режим работы двигателя АТС (установившийся, неустановившийся, холостой ход, замедление)
2	$Q_{огjkr} = k_р k_т k_с \frac{\alpha_{max}\bar{\alpha} N_{ном}\bar{N}}{\eta_е}$	$k_р$, $k_т$, $k_с$ — коэффициенты, учитывающие размерности величин, состав топлива, параметры горючей смеси соответственно; $\alpha_{max}\bar{\alpha}$ — текущее значение коэффициента избытка воздуха, α_{max} — максимальное значение коэффициента избытка воздуха; $\bar{\alpha}$ — относительное его значение ($\bar{\alpha} = \alpha/\alpha_{ном}$); ($N_{ном}\bar{N}$) — эффективная мощность двигателя; $N_{ном}$ — номинальная его мощность; $\bar{N}$ — относительная мощность ($\bar{N} = N/N_{ном}$); $\eta_е$ — эффективный КПД, который для двигателей с искровым зажиганием является функцией $\bar{\alpha}$, а для дизелей — функцией $\bar{N}$
3	$F = \frac{N_{ном}\bar{N}\eta_{тр}}{\upsilon}$; $F = P + mg\cos\gamma(f \pm \mathrm{tg}\gamma) + \delta_{вр}am$	υ — скорость АТС; $\eta_{тр}$ — КПД трансмиссии; P — сила сопротивления движению АТС; m — масса АТС; g — ускорение свободного падения; f — коэффициент сопротивления качению; γ — угол между горизонтальной плоскостью и плоскостью дорожного полотна; $\delta_{вр}$ — коэффициент учета вращающихся масс двигателя и трансмиссии автомобиля; a — ускорение поступательно движущихся масс АТС; знаки "+" и "−" соответствуют движению АТС под уклон и движению с замедлением
4	$N_{ном}\bar{N} = \frac{[p + mg\cos(\gamma(f + tg\gamma) + \delta_{кр}am)]\upsilon}{\eta_{тр}}$	—
5	$\delta_{вр} = 1 + \frac{J_д\eta_{тр}\left(\frac{\pi\bar{n}n_{ном}r_к}{30\upsilon}\right)^2 + \Sigma J_к}{mr_к^2}$	$J_д$ и $\Sigma J_к$ — моменты инерции вращающихся масс двигателя и колес АТС соответственно; $r_к$ — динамический радиус качения ведущих колес АТС
6	$\pm\delta_{вр}a = g(D - \Psi)$	D — динамический фактор автомобиля; $\Psi = (f \pm \mathrm{tg}\gamma)\cos\gamma$ — коэффициент приведенного сопротивления дороги
7	$N_{ном}\bar{N} = \frac{\upsilon[P + mg\cos\gamma(f \pm tg\gamma)]}{k_1 e^{-\beta\left(\frac{\bar{N}}{\bar{n}}\right)^{-1}}}$	$k_1 ... k_5$ — коэффициенты; β, τ, ω — показатели степени; e — основание натурального логарифма
8	$N_{ном}\bar{N} = \frac{\upsilon[P + mg\cos\gamma(f \pm tg\gamma)]\left(k_2 + k_3\frac{\bar{N}}{\bar{n}}\right)}{\frac{\bar{N}}{\bar{n}}}$	—
9	$N_{ном}\bar{N} = \frac{\upsilon F(\upsilon^{3+\tau} + k_4 mg)}{k_1 e^{-\beta\left(\frac{\bar{N}}{\bar{n}}\right)^{-1}}}$	—
10	$N_{ном}\bar{N} = \frac{\upsilon^{-\omega}(P\upsilon^{3+\omega} + k_5 mg)\left(k_2 + k_3\frac{\bar{N}}{\bar{n}}\right)}{\frac{\bar{N}}{\bar{n}}}$	—

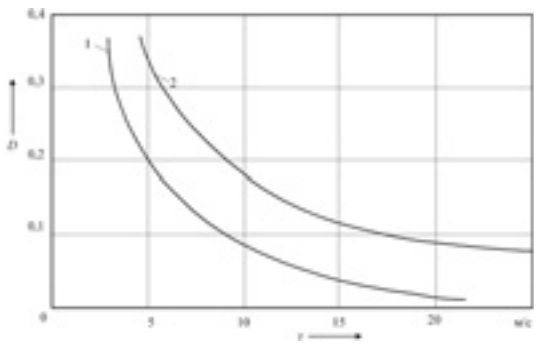


Рис. 2. Усредненные динамические характеристики грузового (1) и легкового (2) автомобилей

бортового компьютера). Пренебрегая моментами инерции зубчатых колес коробки передач как малой величиной (массы находящихся в зацеплении зубчатых колес малы в сравнении с вращающимися массами двигателя и колес автомобиля), с учетом известных формул механики и принятых обозначений представим коэффициент учета $\delta_{вр}$ вращающихся масс в виде формулы № 5.

Если в этой формуле заменить $\eta_{тр}$ и n на соответствующие эмпирические зависимости от $\overline{N}$ и подставить $\delta_{вр}$ в формулу № 4, то при известных справочных данных по $J_д$, $J_к$, $n_{ном}$, $m_а$, $r_к$ и кинематических характеристиках (a и v) движения АТС расчет эффективной мощности двигателя, очевидно, особой сложности не представляет.

Второй вариант: ускорение a АТС неизвестно (для наблюдения со стороны значения кинематических характеристик конкретного АТС, движущегося в транспортном потоке, недоступны). В этом случае произведение $\pm\delta_{вр}a$ можно найти из формулы № 6.

При определении D используют экспериментальный (фиксируют эффективный крутящий момент при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя) и расчетный (вычисляют силу сопротивления воздуха в зависимости от скорости движения АТС) методы исследования [2].

Сложности и недостатки в определении коэффициента учета вращающихся масс, выражающиеся в разного рода допущениях и условностях, погрешностях экспериментальных исследований механических характеристик как двигателя, так и АТС, предполагают приближенный результат в вычислении произведения $\pm\delta_{вр}a$ по формуле № 6, характеризующего (с учетом известной m) неустановившееся движение АТС в формуле № 4. Однако рассматриваемая, как и любая другая, модель совершенно не обязательно должна точно представлять все детали. Поэтому вполне уместны динамические характеристики в виде линий, проведенных через окрестность точек наибольших значений динамических факторов на каждой передаче. Анализ графических зависимостей $D = f(v)$ позволяет представить динамические характеристики, соответствующие значениям максимальных крутящих моментов и силы тяги на каждой передаче конкретного АТС, или усредненные динамические характеристики типов АТС по назначению (рис. 2). При этом графические зависимости кривых *1* и *2* адекватно аппроксимируются степенными функциями, что значительно упрощает определение произведения $\pm\delta_{вр}a$ как для каждого автомобиля, так и для типов АТС по назначению.

Подставляя в формулу № 4 найденные зависимости для $\eta_{тр}$ и $\pm\delta_{вр}a$, получим выражения для расчета эффективной мощности на любых режимах работы двигателей АТС в условиях движения по уличной дорожной сети города.

Так, для установившегося движения, при котором $a = 0$, $v = \text{const}$, формула № 4 в случае грузового автомобиля превращается в формулу № 7, а в случае легкового — в формулу № 8.

Для неустановившегося движения (разгон) та же формула для грузового автомобиля приобретает вид формулы № 9, а для легкового — формулы № 10.

При работе двигателя на холостом ходу его эффективная и относительная мощности равны нулю, т. е. $\overline{N}\,N_{ном} = 0$. Тогда при определении объемного расхода отработавших газов и концентрации в них вредных веществ вместо $\overline{N}$ используются зависимости относительного коэффициента $\overline{\alpha}$ избытка воздуха от относительной мощности $\overline{N}$.

Наконец, о движении АТС с замедлением (отрицательным ускорением). Оно обеспечивается либо с помощью только тормозной системы, либо с помощью ее же и двигателя.

В первом случае двигатель отъединен от трансмиссии (сцепление выключено), и он вырабатывает мощность, достаточную лишь для поддержания собственных функций. Во втором случае сцепление не выключается, и двигатель, если это дизель, работает с минимальной подачей топлива, а двигатель с искровым зажиганием — на режиме холостого хода. Таким образом, можно считать, что при торможении достигается режим холостого хода и, следовательно, можно воспользоваться процедурой, применяемой для холостого хода.

Рассмотренная математическая модель движения АТС на установившемся и неустановившемся режимах в зависимости от мощности двигателя, определяемой по формулам № 7—10, и на холостом ходу (или замедлении) при априори известном коэффициенте избытка воздуха делает, как видим, определение масс выбросов вредных веществ в атмосферный воздух вполне возможным.

Литература

1. Александров И.А. Расчет коэффициентов полезного действия механических трансмиссий с учетом нагрузочных режимов / И.А. Александров. Вологда, 1992. — 47 с.
2. Скотников В.А., Мещенский А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / под ред. В.А. Скотникова. М: Агропромиздат, 1986. — 383 с.
3. Соловьев А.И. Коэффициент полезного действия механизмов и машин. М.: Машиностроение, 1966. — 179 с.

УДК 629.4.072.5

Методика снижения сверхнормативных простоев автобусов в ремонте

К.И. РАЗГОВОРОВ

Владимирский ГУ (8(0922) 23-62-46)

Предлагается для рассмотрения разработанная и апробированная методика оценки эффективности работы дилерских станций технического обслуживания автобусов в части контроля сверхнормативных простоев в ремонте. Вводятся и поясняются критерии, а также переменные для управления простоями на сервисных предприятиях.

Ключевые слова: простои, ремонт, дилерские станции технического обслуживания, автобусы.

Razgovorov K.I.

THE PROCEDURE OF REDUCTION OF ABOVE NORM STANDING TIME OF BUSES UNDER REPAIR

It gives for consideration a developed and tested procedure of evaluation of performance of bus servicing dealer stations in terms of control of above norm standing time under repair. Criteria and variables for control of standing time at service enterprises are brought and illustrated.

Keywords: standing time, repair, servicing dealer stations, buses.

Одна из главных претензий, которые предъявляет большинство потребителей автомобильной техники (и прежде всего автобусов) к российской системе гарантийного ремонта, — неприемлемо большие ее простои в ремонте. Именно поэтому ООО "ЦТД Русские автобусы" вынуждено было разработать специальный нормативный документ, обязывающий региональные сервисные станции дилерских предприятий устранять сложные дефекты по двигателю, коробке передач и ведущему мосту любого автобуса в течение 10 календарных дней, а все другие неисправности — в течение трех дней.

Этот документ позволяет оценить работу любой дилерской СТОА, причем оценить количественно. И именно с помощью показателя $H_ф$ фактического соблюдения норм простоев в ДСТОА, подсчитываемого по формуле $H_ф = (1 - K_{пр}/K_{рек}) \times 100$, %; в которой $K_{пр}$ — число сверхнормативных простоев автобусов в гарантийном ремонте за анализируемый период (месяц, год), $K_{рек}$ — число рекламаций, поступивших в ДСТОА за тот же период.

Очевидно, что $H_ф$, в принципе, может изменяться в пределах от нуля до единицы. Если $H_ф = 0$, то все автобусы, поступившие в ремонт, находились в ДСТО больше положенного, если $H_ф = 1$, — сколько положено или даже меньше. Другими словами, величина $H_ф$ — своего рода индикатор состояния дел в ДСТОА: если $H_ф < 1$, нужно устанавливать причины сверхнормативных простоев автобусов и устранять их.

Расчеты такого рода явно необходимы. Например, автор проанализировал статистические данные по различным маркам автобусов и просчитал для них значения $H_ф$ (см. таблицу), в результате чего установил: значительная часть автобусов в гарантийном ремонте простаивает больше, чем допускает фирменный нормативный документ. Например, сверхнормативные простои были у 37 автобусов ПАЗ, 238 автобусов ЛиАЗ, 11 автобусов КаВЗ и 25 автобусов ГолАЗ. Причем, как видно из таблицы, несоблюдение норм простоя относится главным образом к автобусам с крупными неисправностями. Обращает на себя внимание и тот факт, что сверхнормативные простои имели 4,2 % автобусов, поступивших в гарантийный ремонт. В абсолютном исчислении это не так уж и много — 308 ед. Но если учесть, что примерно такая же (а иногда и гораздо хуже) картина и с автобусами, у которых пробег и сроки эксплуатации находятся за пределами гарантии, то легко подсчитать: десятки тысяч автобусов не выходят на линию тогда, когда они должны там работать. Во что это выливается для муниципалитетов и пассажиров — понятно без объяснений.

Отсюда вывод: сверхнормативные простои автобусов в ремонте нужно сводить к нулю. И начинать следует с простоев в гарантийном ремонте, поскольку все, что связано с ним, достаточно подробно, полно и точно учитывается. Это позволяет выявить (а значит, и устранить) причины сверхнормативных простоев.

Располагая такой информацией, автор установил следующее.

Причины, которые увеличивают сроки ремонта автобусов, можно разделить на объективные и субъективные. К первым относятся отсутствие необходимых для ремонта запасных частей и низкое качество поступающих туда комплектующих изделий, ко вторым — неоперативная работа специалистов ДСТОА, филиалов заводов и заводов-поставщиков запасных частей, а также слишком длительные сроки принятия решений автобусными заводами и их филиалами о мерах по устранению дефектов новых моделей автобусов (как правило, из-за незнания конструктивных недоработок в их продукции и запаздывания с устранением последних). Но главная беда ДСТОА — все-таки отсутствие запасных частей, особенно производства зарубежных

Марка автобуса	Число принятых рекламаций	Число случаев превышения сроков устранения дефектов		Всего	$K_{пр}/K_{рек}$, %	$H_ф$, %
		мелких (>3 дней)	крупных (>10 дней)			
ПАЗ	2 112	13	24	37	1,8	98,2
ЛиАЗ	7 243	94	141	235	3,2	96,8
КаВЗ	1 094	—	11	11	1,0	99,0
ГоЛАЗ	234	—	25	25	10,7	89,3
Итого	10 683	107	201	308	4,2	95,8

("Катерпиллер", "Камминз" и т. д.) и российских фирм: на данный фактор в 2007 г. пришлось 44 % сверхнормативных простоев. Второе место занимает длительное время принятия решений об устранении конкретных дефектов (17 %), третье — конструктивное несовершенство новой продукции (13 %), четвертое, пятое и шестое — 11, 9 и 6 % соответственно.

Перечисленные причины необходимо устранять или хотя бы ослаблять их действие. Причем какие-то особые методологические "ухищрения" здесь не нужны — достаточно простой житейской логики: выявление (учет) сверхнормативных простоев; определение их причин; принятие решения об устранении или ослаблении их действия; поиск или разработка способов и средств решения данной задачи. То есть необходимо пройтись по логической цепочке и найти ее слабое звено. При этом управленческое решение принимается на основе информации о частости "срабатывания" каждой из причин и ее "весомости": в первую очередь следует заниматься той из них, последствия которой наиболее опасны.

Сказанное выше — результат обобщения опыта работы автора в системе управления дилерскими предприятиями автотехобслуживания. И предложенный им показатель $H_ф$ тоже прошел практическую проверку: он используется и хорошо себя зарекомендовал при решении вопроса премирования сотрудников гарантийных служб филиалов ООО "ЦТД "Русские автобусы", а также при оценке эффективности работы сервисных станций дилеров, что позволило значительно уменьшить общее число сверхнормативных простоев автобусов в ремонте. Причем не только в гарантийном.

УДК 629.113.004.5

Надежность автомобилей КамАЗ в гарантийный период эксплуатации

Канд. техн. наук С.Г. ПАВЛИШИН

Тихоокеанский ГУ (8(4212) 37-51-86)

Рассматриваются вопросы оценки надежности автомобилей КамАЗ и их сервисного обслуживания в Хабаровском крае.

Ключевые слова: автоцентр, наработка, отказ, качество, обязательства, гарантия.

Pavlishin S.G.

THE ANALYSIS OF KAMAZ TRUCKS BREAK-DOWNS WITHIN THE WARRANTY PERIOD

Problems of operation capacity testing and service maintenance of KamAZ trucks in the Khabarovsk territory are viewed (considered)

Keywords: auto service station, operating time, break-down, quality, warranty.

КамАЗ — один из немногих автозаводов, который в Дальневосточном федеральном округе полностью обеспечивает сервисное сопровождение своей продукции на всем ее жизненном цикле. В том числе и в гарантийный период, разумеется. Этим делом занимается отдел гарантийного обслуживания ООО "Хабаровский Восточно-Региональный "Автоцентр КамАЗ".

Работа "Автоцентра" начинается с постановки нового автомобиля на гарантийный учет: его владелец, согласно "Инструкции по эксплуатации", обязан в семидневный срок с момента покупки поставить здесь автомобиль на этот учет, что означает: "Автоцентр" берет на себя обязательство: восстановить вышедший во время рекламационного периода из строя по вине изготовителя автомобиль своими силами и средствами в 20-дневный срок с момента составления соответствующего акта. Но на практике возможна замена отдельных агрегатов на исправные из оборотного фонда "Автоцентра", что сокращает установленный срок.

Существование ООО "Автоцентр" вполне себя оправдывает: в последние годы в Хабаровском крае наблюдается значительный рост популярности автомобилей КамАЗ: их продают многие фирмы, в том числе "Автоцентр" и ОАО "Торгово-финансовая компания КамАЗ". Приобретают же в основном фирмы, работающие в дорожном и жилищном строительстве. Например, только за 2006—2008 гг. они закупили 1320 КамАЗов. Причем лидерами продаж стали самосвалы КамАЗ-65115 и КамАЗ-55111 (продано 252 и 168 ед. соответственно). Хорошо продаются также вахтовые автобусы НефАЗ-4208 (61 ед.) и НефАЗ-42111 (56 ед.), седельные тягачи КамАЗ-6460 (37 ед.) и КамАЗ-65116 (42 ед.), бортовые КамАЗ-43118 (71 ед.) и топливозаправщики НефАЗ-66062 (25 ед.).

Вторая причина, обусловившая необходимость "Автоцентра", — отказы автомобилей в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации. Их причины разные — по вине завода-изготовителя (несовершенство конструкции и несоблюдение технологии производства), владельцев, эксплуатирующих технику "по старинке", с нарушением инструкций завода-изготовителя и т. д. Но есть одна причина, которую можно назвать региональной. Это тяжелые условия эксплуатации в Дальневосточном регионе: отсутствие разветвленной сети дорог с усовершенствованным типом покрытия, а на большинстве направлений — фактическое бездорожье; постоянно повышенная (~100 %) влажность воздуха и наличие в воздухе агрессивных компонентов в прибрежных районах, значительный (от 238 до 308 К, или от —35 до +35 °С) перепад наружных температур и др. В итоге за те же 2006—2008 гг. было составлено и принято 749 рекламационных актов у 22 % проданных автомобилей. Причем у 40 % от числа отказавших наблюдались две и более неисправности. Вина владельцев автотехники установлена в 10 % всех обращений.

Чтобы систематизировать эти отказы, автор с работниками технических служб "Автоцентра" проанализировали акты рекламаций, поступившие в отдел гарантийного обслуживания за период с 03.01.2006 г. по 30.12.2008 г. При этом в качестве объекта исследования взяли самосвал КамАЗ-65115 (как одна из наиболее продаваемых моделей), а в качестве исходной информации — дату составления акта, пробег самосвала до наступления отказа, дефектный узел (агрегат), причины рекламации и стоимость их устранения.

Как эти отказы распределялись по агрегатам, узлам и системам самосвала, показано в табл. 1. Из нее видно, отказывало многое. Хотя "весомость" отказов была различной. Об этом говорит стоимость устранения от-

казов: она варьировалась от 600 руб. до 19,5 тыс. Средняя же составила 3,3 тыс. руб., а средняя трудоемкость устранения отказов по одному рекламационному акту оказалась равной ~4 чел. · ч.

Последние две цифры весьма показательны. Они говорят о том, что завод-изготовитель автомобилей к качеству сложных компонентов относится достаточно серьезно, поскольку подводит надежность продукции поставщиков комплектующих.

Таблица 1

Агрегат (узел)	Доля от общего числа неисправностей, %	Средняя стоимость устранения, руб.
Электрооборудование	37	2 445
Двигатель	17	4 276
Предпусковой подогреватель	9,4	1 030
Сцепление	6,3	4 337
Мосты	6,2	2 918
Механизм подъема платформы	6	3 119
Тормозная система	4,7	5 716
Коробка передач	3,1	2 900
Рулевое управление	1,6	10 341
Прочие	8,6	—

Таблица 2

Объект исследования	Средняя наработка, тыс. км	Коэффициент вариации наработки	Закон распределения вероятностей
Автомобиль в целом	8,39	1,22	Экспоненциальный
Двигатель	16	0,99	Вейбулла
Электрооборудование	8,07	1,27	Экспоненциальный
Элементы трансмиссии	2,32	0,86	Вейбулла
Элементы подвески, мосты	3,45	0,69	То же

В ходе исследования установлено также, что большинство отказов происходит при пробеге до 1000 км. Что тоже своего рода сигнал: конструкции компонентов хорошие, но "хромают" технологии их изготовления и контроля.

Есть и отказы при бóльших пробегах, что хорошо видно из табл. 2, в которой приведены результаты обработки статистических данных о наработках рассматриваемого самосвала до первого отказа в гарантийный период эксплуатации [1, 2].

По мнению автора, полученные статистика отказов и соответствующие ей математические зависимости о наработках до их наступления должны быть такими, чтобы по ним можно было бы выявить наиболее "слабые" места в конструкции АТС и технологии его изготовления, обосновать необходимость организации предприятия по техническому обслуживанию и ремонту техники КамАЗ, определить потребность в средствах обслуживания, площадях и рабочей силе, а также скорректировать, исходя из структуры продаж, номенклатуру и объемы поставок запасных частей и оборотных агрегатов головной организацией. И не только в Хабаровском крае, но и в регионах с аналогичными условиями эксплуатации — Приморском крае, Амурской и Читинской областях, Еврейской автономности области и др.

Литература

1. Статистический метод исследования надежности: Методические указания к выполнению контрольных, научных и учебных практических работ для студентов специальностей 150200 "Автомобили и автомобильное хозяйство", 230100 "Сервис и техническая эксплуатация транспортных и технологических машин и оборудования (автомобильный транспорт)", 240400 "Организация дорожного движения" и 240100 "Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте" / С.Г. Павлишин. — Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2001. — 22 с.
2. В.Е. Гмурман. Теория вероятностей и математическая статистика — М.: Юрайт-Издат, Высшее образование, 2009. — 480 с.

УДК 629.488.27

Экономическая оценка методов диагностирования тормозных систем автомобилей

Канд. техн. наук А.Г. ОСИПОВ

Иркутский ГТУ (8(3952) 40-50-00)

Анализируется энергоемкость и стоимость существующих методов диагностирования тормозных систем автомобилей, предлагается новый метод, делается заключение об экономической целесообразности применения нового энергосберегающего стендового метода диагностирования и встроенной диагностики.

Ключевые слова: автомобиль, тормоза, диагностирование, методы, средства, энергоемкость, стоимость.

Osipov A.G.

ECONOMIC APPRAISAL OF METHODS FOR DIAGNOSTICS BRAKING SYSTEMS OF AUTOMOBILES

The article deals with the analyses of energy loss and value of modern methods for diagnostics braking systems of automobiles. Suggest a new energy save method stand techniques and fix equipments for diagnostics braking systems of automobiles.

Keywords: automobile, braking systems, diagnostics, methods, equipments, energy loss, value.

В настоящее время для диагностирования тормозных систем автомобилей, согласно действующему ГОСТ Р 51709—2001 "Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки", применяются дорожные и стендовые методы, реализуемые различными техническими средствами. Причем это разнообразие, естественно, обуславливает и многообразие методов диагностирования, каждый из которых имеет свою энергоемкость и стоимость.

При единичных испытаниях последнему обстоятельству особого значения, в общем-то, не придают. Однако при массовом контроле (скажем, государственном техническом осмотре) оно становится экономически весомым обстоятельством. Из-за чего выбор средств диагностирования должен основываться в том числе и на оценке его стоимости.

Чтобы убедиться в этом, оценим энергоемкость наиболее распространенных методов дорожных и стендовых испытаний тормозных систем таких массовых отечественных автомобилей, как ГАЗ-3110 и КамАЗ-5511.

Таблица 1

№ формулы	Формула	Примечание
1	$r_к \approx r_{ст} = 0{,}5d + \Delta\lambda_{см}B$	$r_к$ — кинематический радиус (качения) колеса; $r_{ст}$ — статический радиус колеса; d — посадочный диаметр обода; Δ — отношение высоты H к ширине B профиля шины
2	$n = \frac{v_{нач.т} i_{кп} i_{гп}}{0{,}377 r_к}$	$v_{нач.т}$ — начальная скорость торможения
3	$N_e = N_{emax}[a(n/n_N) + b(n/n_N)^2 - c(n/n_N)^3]$	N_e — текущая эффективная мощность двигателя автомобиля; N_{emax} — максимальное значение этой мощности; n — текущее значение частоты вращения коленчатого вала двигателя; n_N — ее значение при $N_e = N_{emax}$; $a = b = c = 1$ — для бензиновых двигателей; $a = 0{,}5$; $b = 1{,}5$; $c = 1$ — для дизелей
4	$N_{пр} = \Sigma F_т v_а / 3600\eta_{пр}$	$N_{пр}$ — мощность, необходимая для привода стенда; $\Sigma F_т$ — суммарная тормозная сила; $v_а$ — скорость автомобиля; $\eta_{пр}$ — КПД привода стенда
5	$G_т = \frac{g_е W}{1000\gamma}$	$g_е$ — удельный расход топлива; γ — плотность моторного топлива

Начнем с дорожного метода. Как предписывает ГОСТ Р 51709-2001, испытания этим методом проводятся с начальной скорости торможения, равной 40 км/ч, а согласно европейским стандартам — с 60—80 (легковые АТС) и 60 км/ч (грузовые АТС). Поэтому расчеты по ГАЗ-3110 будем выполнять для трех $v_{нач.т}$ (40, 60 и 80 км/ч), а по КамАЗ-5511 — для двух (40 и 60 км/ч).

На ГАЗ-3110 установлены шины 185—355, на КамАЗ-5311 — 260-508Р. Примем, далее, что коэффициент $\lambda_{см}$ смятия и тех, и других шин под нагрузкой равен 0,85, отношение Δ высоты и ширины их профиля составляет ≈1, а кинематический радиус колес равен статическому. Тогда по формуле № 1 (табл. 1) легко определить радиусы $r_к$ качения колес: у ГАЗ-3110 он составляет 334,7 мм, КамАЗ-5311 — 475 мм.

Передаточные числа коробок передач, на которых автомобили разгоняют до регламентированных стандартами $v_{нач.т}$, равны соответственно 1,45 и 1,25, а главных передач — 4,1 и 5,43. Отсюда по формуле № 2 можно вычислить частоты n вращения коленчатых валов в конце разгона АТС до $v_{нач.т}$ (табл. 2).

Зная $n = f(v_{нач.т})$, по эмпирической зависимости Л.Р. Лейдермана (формула № 3) можно подсчитать требуемую мощность на диагностирование тормозных систем автомобилей.

Воспользовавшись, далее, скоростной характеристикой разгона испытуемых автомобилей, можно установить время $t_р$ их выхода на регламентированные $v_{нач.т}$.

Теперь уже, очевидно, нетрудно подсчитать, сколько механической энергии W потребуется, чтобы разогнать автомобиль до $v_{нач.т}$ ($W = N_e t$). И, как видно из табл. 2, для диагностирования одного легкового автомобиля ГАЗ-3110 массой 1800 кг при начальной скорости торможения 40 км/ч требуется ~0,39 кВт · ч, при 60 км/ч — 1,18, а при 80 км/ч — 2,42 кВт · ч.

При диагностировании КамАЗ-5311 все зависит от степени его загрузки: если он находится в снаряженном состоянии (масса 9150 кг), то при начальной скорости торможения 40 км/ч ему требуется 1,29, а при скорости 60 км/ч — 3,53 кВт · ч; в случае полной массы (19 150 кг) затраты энергии увеличатся в среднем в 1,25 раза и составят при этих же тестовых режимах торможения соответственно 1,55 и 4,71 кВт · ч.

Если же учесть рекомендации по предварительному прогреву агрегатов автомобиля в движении, а также необходимость повторных заездов, энергоемкость дорожного метода может возрасти более чем в 13 раз и варьироваться от 5 до 60 кВт · ч.

При диагностировании на роликовом инерционном стенде с приводом от ведущих колес автомобиля ГАЗ-3110 время $t_{рас}$ раскрутки маховых масс до начальной скорости торможения 40, 60 и 80 км/ч варьируется (рис. 1) в пределах 13—25 с, а если точнее, то при моментах $J_м$ инерции маховых энергоаккумуляторов стенда 5 кг · м^2, оно составляет соответственно 13, 18 и 25 с.

Зная продолжительность выхода автомобиля на $v_{нач.т}$, по приведенным выше формулам можно установить энергоемкость метода. Так, при $v_{нач.т}$ = 40 км/ч и $t_{рас}$ = 13 с W = 0,131 кВт · ч; при $v_{нач.т}$ = 60 км/ч — 0,27, а при $v_{нач.т}$ = 80 км/ч — 0,46 кВт · ч.

У автомобиля КамАЗ-5311 $t_{рас.40}$ = 17 с и $t_{рас.60}$ = = 20 с. Поэтому затраты механической энергии на диагностирование его тормозов при полной массе и

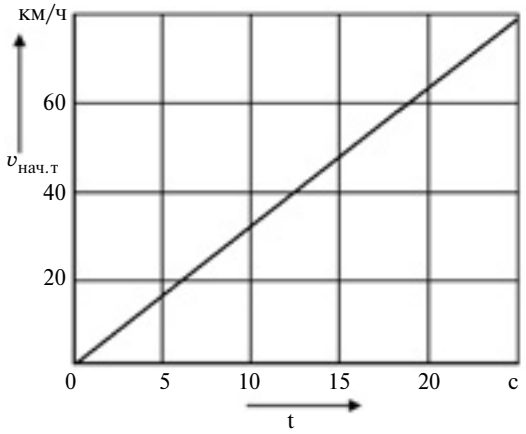


Рис. 1. Зависимость времени выхода на начальную скорость торможения автомобиля ГАЗ-3110 на роликовом инерционном тормозном стенде

$v_{нач.т}$ = 40 км/ч составляют 0,44 кВт · ч, а при $v_{нач.}$ = = 60 км/ч — 0,785 кВт · ч.

При площадочном инерционном стенде даже с учетом повторных заездов на тормозной стенд энергетические затраты оказываются, как видно из той же табл. 2, примерно на порядок меньше, чем при дорожном методе, поскольку $v_{нач.т}$ здесь варьируется в пределах 4—12 км/ч. Например, при торможении ГАЗ-3110 с $v_{нач.т}$ = 12 км/ч и, соответственно, n = 880 мин$^{-1}$ развиваемая двигателем мощность составит 15,77 кВт, а расход механической энергии на диагностирование не превысит 0,052 кВт · ч, у автомобиля КамАЗ-5511 при $v_{нач.т}$ = 10 км/ч — 0,153 кВт · ч.

Диагностирование тормозных систем на роликовых силовых тормозных стендах, как показывает анализ, более энергоемко: мощность $N_{пр}$, необходимая для его привода (она определяется по формуле № 4), довольно высока. Например, для достижения $v_{нач.}$ = 60 км/ч полностью груженым автомобилем КамАЗ-5511 требуется мощность приводных электродвигателей, равная ~800 кВт (рис. 2), а расход электрической энергии на диагностирование его каждой оси — 4,8 кВт · ч. При $v_{нач.т}$ = 40 км/ч эта цифра, разумеется, меньше, но и она весьма внушительна — 2,75 кВт · ч.

В связи с этим на практике начальную скорость торможения на роликовых силовых тормозных стендах для грузовых автомобилей ограничивают 7 км/ч. В результате расход электроэнергии на диагностирование тормозов одной оси при средней мощности приводного электродвигателя 50 кВт и осевой нагрузке 7300 кг, соответствующей полной массе автомобиля КамАЗ-5511, составляет 0,36, а на тормоза всех осей — 1,08 кВт · ч.

Аналогичная картина и с диагностированием тормозов одной оси ГАЗ-3110: при $v_{нач.т}$ = 10 км/ч расходуется 0,116 кВт · ч, при $v_{нач.\ т}$ = 40 км/ч — 0,348, при $v_{нач.т}$ = 60 км/ч — 0,605, при $v_{нач.т}$= 80 км/ч — 0,975 кВт · ч электрической энергии. (Ее расход на две оси, очевидно, в 2 раза больше.)

При методе, реализуемом на роликовых инерционно-силовых тормозных стендах конструкции ИрГТУ (см. "АП", 2007, № 5), мощность расходуется только на

Таблица 2

Метод испытаний	Автомобиль	$v_{нач.т}$, км/ч	n, мин$^{-1}$	m, кг	$t_р$, ч	$N_е$, кВт	W, кВт · ч	$G_т$, л	$Э_{пр}$, руб.
Дорожный	ГАЗ-3110	40 60 80	1883 2824 3766	1 800	0,0110 0,0220 0,0360	36,26 53,96 66,96	0,390 1,180 2,420	0,1625 0,4917 1,0084	3,58 10,82 22,19
	КамАЗ-5511	40 60	1516 2274	19 150	0,0170 0,0330	93,13 141,38	1,550 4,710	0,3605 1,0932	8,29 25,20
Роликовый инерционный стенд	ГАЗ-3110	40 60 80	1883 2824 3766	1 800	0,0040 0,0050 0,0070	36,26 53,96 66,96	0,131 0,270 0,460	0,1917 0,1023 0,1826	4,22 2,35 4,20
	КамАЗ-5311	40 60	1516 2274	19 150	0,0050 0,0060	93,13 141,38	0,440 0,785	0,1023 0,1826	2,35 4,20
Площадочный инерционный стенд	ГАЗ-3110	12	880	1 800	0,0033	15,77	0,052	0,0216	0,47
	КамАЗ-5310	10	757	15 000	0,0040	38,35	0,153	0,0356	0,82
Роликовый силовой стенд	ГАЗ-3110	7 40 60 80	650 650 650 650	1 800	0,0030 0,0041 0,0055 0,0075	34,00 85,00 110,00 130,00	0,102 × 2 0,348 × 2 0,606 × 2 0,975 × 2	— — — —	0,11 0,38 0,65 1,05
	Кам-3311	5 40 60	550 550 550	19 150	0,0050 0,0050 0,0060	550,00 550,00 800,00	2,75 × 3 2,75 × 3 4,80 × 3	— — —	4,46 4,46 7,78
Роликовый инерционно-силовой стенд	ГАЗ-3180	40 60 80	650 650 650	1 800	0,0055 0,0060 0,0070	5,00 6,00 9,00	0,028 × 2 0,036 × 2 0,063 × 2	— — —	0,03 0,04 0,07
	ГАЗ-3311	40 60	550 550	19 150	0,0040 0,0050	26,00 40,00	0,104 × 0,200 × 3	— —	0,17 0,32
Площадочный силовой стенд	ГАЗ-3110 КамАЗ-5311	5 3	39,6* 16,8*	1 800 19 150	0,0014 0,0016	9,00 30,00	0,013 × 2 0,048 × 3	— —	0,01 0,08

* — частота вращения колес автомобиля.

раскрутку незаторможенных колес автомобиля и маховиков энергоаккумуляторов. Это хорошо видно из рис. 3, на котором представлены графики потребляемой мощности роликовым инерционно-силовым тормозным стендом при диагностировании тормозных систем автомобилей с различной массой, приходящейся на ось, на скоростных режимах 40, 50 и 60 км/ч, а также из рис. 4, где показано время раскрутки колес наиболее нагруженной передней оси автомобиля КамАЗ-5511 (при снаряженной массе 9150 кг) электродвигателями мощностью 40, 50 и 60 кВт до скорости 60 км/ч, составляющее соответственно 13,5, 17,5 и 23 с.

Зная время вывода колес на начальную скорость торможения, а также требуемую для этого мощность,

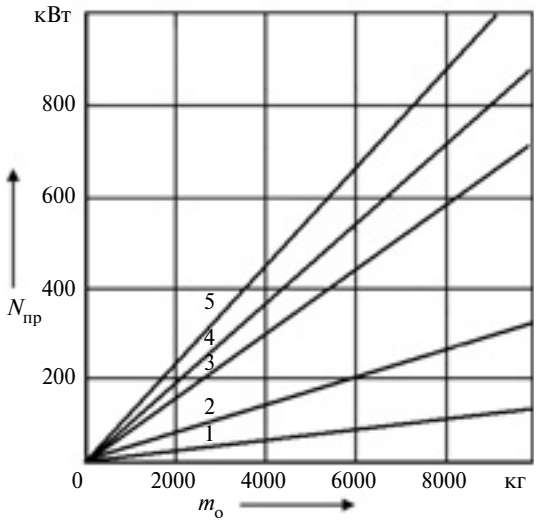


Рис. 2. Зависимость требуемой для привода силового тормозного стенда мощности от массы, приходящейся на ось автомобиля, и начальной скорости торможения:
1 — 5 км/ч: *2* — 10 км/ч; *3* — 40 км/ч; *4* — 50 км/ч; *5* — 60 км/ч

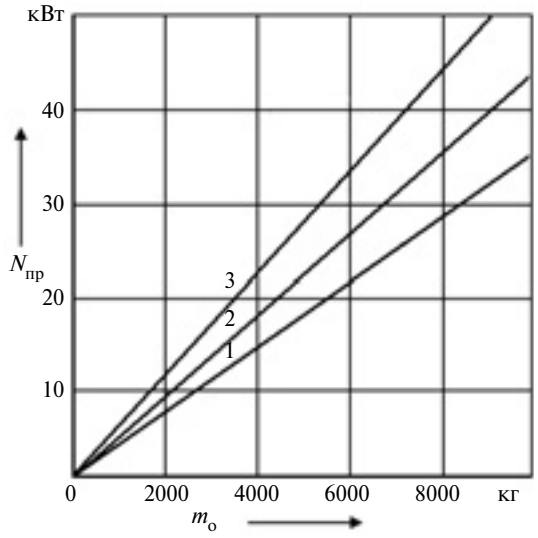


Рис. 3. Зависимость требуемой для привода роликового инерционно-силового тормозного стенда от массы, приходящейся на ось автомобиля, от начальной скорости торможения:
1 — 40 км/ч; *2* — 50 км/ч; *3* — 60 км/ч

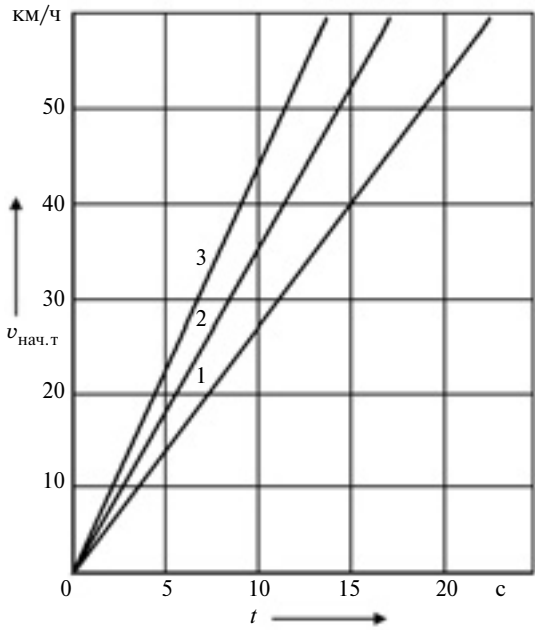


Рис. 4. Зависимость времени раскрутки колес автомобиля КамАЗ-5511 на роликовом инерционно-силовом стенде от начальной скорости торможения и мощности двигателя:
1 — $N_{пр}$ = 40 кВт; *2* — $N_{пр}$ = 50 кВт; *3* — $N_{пр}$ = 60 кВт

можно определить энергозатраты рассматриваемого метода. Что и было сделано (см. табл. 2).

Как видим, расход электрической энергии одномодульного роликового инерционно-силового тормозного стенда ИрГТУ (патент РФ № 2297932) с приводным электродвигателем мощностью 50 кВт, при начальной скорости торможения автомобиля КамАЗ-5511, равной 60 км/ч, составляет 0,2, а при 40 км/ч — 0,104 кВт · ч.

Однако и это не предел. Для снижения энергоемкости и стоимости диагностирования тормозных систем автомобилей специалисты ИрГТУ разработали стендовый метод, реализуемый на площадочном силовом стенде (см. "АП", 2009, № 9). В результате продолжительность диагностирования тормозных систем автомобилей составляет ~5—7 с — почти вдвое меньше, чем на площадочных инерционных стендах, а окружная скорость прокрутки колес соответствует 3—5 км/ч. Поэтому и расход энергии будет еще меньше, чем у даже самых экономичных стендовых методов. Например, для автомобиля ГАЗ-3110 он составит 0,0126, а для автомобиля КамАЗ-5511 полной массы — 0,0480 кВт · ч.

Так обстоят дела с энергозатратами. Что же касается их стоимости, то здесь работают законы рынка. Например, всем известно, что 1 кВт механической энергии, получаемой из нефтяного топлива, обходится гораздо дороже того же 1 кВт, получаемого из электросети. Поэтому все методы, которые обеспечивают $v_{нач.т}$ с помощью энергии ДВС автомобиля, обходятся заведомо дороже методов, использующих энергию промышленных электросетей.

Чтобы убедиться в этом, достаточно по формуле № 5 подсчитать количество $Q_т$ моторного топлива, израсходованного на тестовых режимах диагностирова-

ния, и его стоимость, а затем измерить затраты электрической энергии при разных методах диагностирования и умножить полученную цифру на стоимость 1 кВт · ч электроэнергии. Тогда и станет ясно, которые из методов это соревнование выиграют. Что и подтверждает табл. 2. Причем надо учесть, что приведенные в ней результаты расчетов не учитывают стоимости топлива, расходуемого ДВС испытуемых автомобилей на холостом ходу для обеспечения нормального функционирования тормозных систем, включая их сервопривод. И все равно разница — на порядок. Поэтому экономически целесообразными методами диагностирования тормозных систем автомобилей следует считать только стендовые методы, основанные на потреблении электрической энергии, а также встроенные диагностические устройства, питающиеся от бортовой электросети автомобиля. Однако и к выбору методов, работающих на основе электричества, тоже нужно подходить очень внимательно: с экономической точки зрения они далеко неравноценны (см. табл. 2). И пока самый выгодный из них — стендовый метод, реализуемый на площадочном силовом тормозном стенде. Правда, видимо, в перспективе только его могут превзойти методы, основанные на встроенных бортовых устройствах, которые позволяют постоянно контролировать состояние тормозных систем автомобилей при минимальных финансовых затратах. Но это в будущем.

УДК 656.072

Главный путь развития городских транспортных систем

К.Н. КАРМАНОВ

Оренбургский ГУ (+7(3532) 77-67-70)

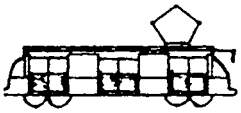
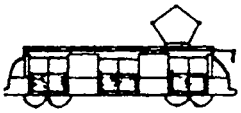
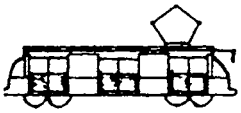
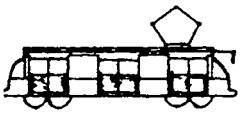
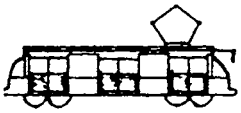
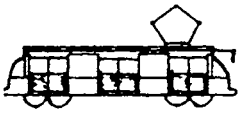
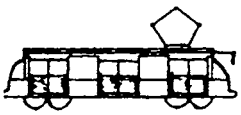
В печатных и других СМИ то и дело появляются заявления о невыгодности развития городского электрического общественного транспорта. Мол, для его функционирования используется слишком много ресурсов. Но это совершенно неправильно. Элементарные расчеты показывают, что в любом случае расходы, связанные с троллейбусами и трамваями, всегда меньше необходимых для создания и эксплуатации парка легковых автомобилей. А если говорить о суммарных объемах вредных выбросов, то у городского электрического транспорта они в сотни и сотни раз меньше. Особенно если учесть, что средняя скорость движения автомобиля в крупных городах все время снижается и в настоящее время составляет в среднем 5—10 км/ч, следовательно, бóльшую часть времени мощные автомобильные двигатели работают на холостом ходу, когда токсичность их отработавших газов максимальна. И отечественная практика реагирует на это: многие города сумели сохранить и даже расширить систему транспорта, основанную на трамвае и троллейбусе (табл. 1). То есть в крупных городах России все же есть трезвые умы, заинтересованные в развитии городского электрического транспорта.

Зарубежная практика тоже подтверждает: курс развития транспортного обслуживания населения, игнорирующий экологичные и экономичные транспортные системы и средства, стратегически ошибочен. Именно поэтому сегодня во всем мире трамвай и троллейбус переживают период своего нового рождения, дешево, комфортно и экологично перевозя значительное число людей, экономя природные ресурсы и дорогое городское пространство. Не следует забывать и о том, что трамвай и троллейбус могут стать эффективным средством социализации, демократизации населения, а для крупных городов, где население растет гораздо быстрее, чем в среднем по стране, оно оказалось оптимальной транспортной системой и отличным инструментом городского развития. Другими словами, наилучшей транспортной системой, экономически доступной для всех слоев населения и обеспечивающей экологически и технологически благоприятную среду, выступает как раз электрический транспорт. Поэтому именно на его основе и нужно формировать безопасную, экологичную и экономичную транспортную сеть, базирующуюся на радиально или диагонально расположенных

Таблица 1

Города, развивающие троллейбусные линии	Абсолютный прирост в 1990—2002 гг., км	Относительный прирост в 1990—2002 гг., %	Города, развивающие трамвайные пути	Абсолютный прирост в 1990—2002 гг., км	Относительный прирост в 1990—2002 гг., %
Оренбург	47,5	77	Волжский	10,5	51
Уфа	28,2	44	Архангельск	10,0	43
Йошкар-Ола	18,3	41	Казань	9,7	15
Екатеринбург	17,6	30	Орск	7,0	22
Нижний Новгород	16,7	16	Краснодар	6,3	13
Иркутск	15,3	48	Ульяновск	6,2	12
Красноярск	14,5	21	Волгоград	4,8	8
Волгоград	13,9	25	Усть-Илимск	4,4	30
Саранск	12,8	21	Владивосток	4,2	22
Черкасск	12,5	15,2	Набережные Челны	3,8	9
Орел	12,4	36	Владикавказ	3,7	15

Таблица 2

№ пп	Тип и компоновка транспортного средства	Категория маршрута	Характеристика транспортного средства и маршрута	Доля маршрутов в системе, %		Доля подвижного состава в системе, %	
				городские	пригородные	на городских линиях	на пригородных линиях
1		Кольцевой	Троллейбусы и трамваи небольшой (до 30 пассажиров) вместимости, связывающие между собой главные пересадочные пункты и основные достопримечательные места центра города	0,5	—	0,5	—
				0,5	—	0,5	—
2		Радиальный	Троллейбусы и трамваи средней (до 80 пассажиров) вместимости, связывающие между собой окраины с центром города и имеющие небольшие расстояния между остановками	10	1	12	2
				20	2	13	2
3		Зональный	Троллейбусы и трамваи средней (до 80 пассажиров) вместимости, связывающие узловые пересадочные пункты и прилегающие к ним кварталы	19	9	12	5
				19	7	12	5
4		Концентрический	Троллейбусы и трамваи большой и особо большой (от 110 до 160 пассажиров) вместимости, связывающие между собой окраинные районы города без заезда в город	1	0,5	6	1
				1	—	2	—
5		Скоростной	Троллейбусы и трамваи большой (до 110 пассажиров) вместимости, связывающие между собой диаметрально противоположные городские районы и пригороды. Остановки расположены между терминалами	4	2	12	4
							
6		Экспресс	Троллейбусы и трамваи большой и особо большой(от 110 до 160 человек) вместимости, курсирующие по основным транспортным магистралям и связывающие пересадочные узлы с центром города	2	0,5	1	—
						3	1
7		Большой экспресс	Троллейбусы и трамваи особо большой (от 180 до 270 человек) вместимости, связывающие наиболее нагруженные транспортные радиальные направления и пересадочные узлы с центром города	1	0	6	0

магистралях. То есть эта объединенная сеть городского электрического транспорта должна включать в себя все категории радиальных и концентрических трамвайных и троллейбусных маршрутов, связанных между собой терминалами и покрывающих город и его пригороды. При этом радиально направленные маршруты должны играть роль транспортных коридоров, которые расходятся от транспортного кольца, расположенного в центральной части города, и заканчиваться в периферийных центрах — зонах развития городских окраин.

Каждый такой коридор должен иметь по 5—6 потоков автомобильного движения в ту и другую сторону, причем по одной из них необходимо проложить специальные полосы для трамвая и троллейбуса: через разделительные полосы, где паркуются автомобили, устроить проезжие части для транзитного транспорта.

На уличную сеть целесообразно "наложить" подсистемы всех категорий трамвайного и троллейбусного сообщений — от комфортабельных трамвайных экспрессов до небольших троллейбусов. Иначе говоря, маршруты должны обслуживаться разнотипными трамваями и троллейбусами с присущими только им ярко выраженными отличиями.

Эта объединенная система городского электрического транспорта должна включать (табл. 2) семь категорий маршрутов, каждый из которых обслуживается своим типом троллейбуса и трамвая.

По мнению международных экспертов, России, пока не поздно, следует заняться восстановлением разрушенной инфраструктуры экологических видов транспорта, прежде всего на электрической тяге, а для этого необходимо руководствоваться следующими основными принципами построения транспортной системы.

1. Транспорт должен обеспечивать население городов приемлемыми условиями доступа в нужные им места и в удобное для них время.

2. Обвальная либерализация цен, значительное снижение доходов населения не должны стать запретительным фактором при пользовании транспортными услугами.

3. Транспортные системы должны учитывать потребности различных слоев населения.

4. Транспортные системы должны оказывать минимальное воздействие на здоровье пассажиров и работников, обслуживающих эти транспортные системы, и в целом населения.

5. Работа транспортных систем должна быть построена и спроектирована так, чтобы их эксплуатация обеспечивала максимально возможный уровень технической и криминальной безопасности.

6. В развитии транспортных систем должны участвовать не только институты государственной власти, но и независимые эксперты, и специалисты, работающие в самых различных областях.

На основе этих принципов автор предлагает такие направления реализации государственной транспортной политики на автомобильном и наземном электрическом транспорте: разработка целевых программ развития городского электротранспорта; обеспечение безопасного функционирования системы; развитие законодательной базы рынка транспортных услуг и внешнеэкономической деятельности.

Чтобы успешно выполнить перечисленные рекомендации, необходимо прислушаться к мнению ведущих экспертов в этой области деятельности; подумать, как приспособить существующие транспортные сети для прокладки маршрутов высокопроизводительного городского электрического транспорта, круто развернуть градостроительное планирование, усилить правительственную политику, заключающуюся в приоритетном и эффективном с точки зрения общественного блага вложении денег в строительство городских транспортных инфраструктур. Это выход не только из экологического тупика, в который попали практически все большие российские города, но и путь решения множества градостроительных проблем.

Следует признать, наконец, что подавляющее большинство населения нашей страны будет пользоваться не автомобилями и вертолетами, а трамваями и троллейбусами, и именно поэтому необходимо, пока не поздно, повернуть городское планирование и инвестиционные потоки лицом к обыкновенному городскому обывателю. Признать и то, что никаких объективных препятствий на пути развития троллейбусного и трамвайного видов транспорта нет, даже длительные снежные зимы ему не помеха, поскольку уже давно найдены оптимальные решения против многих климатических трудностей. Просто градоначальники наконец-то должны понять, что города создаются не для автомобиля, а для человека. Следовательно, развитие городского транспорта нужно планировать и осуществлять системно с соблюдением интегрированной стратегии городского развития, целостности всех факторов, влияющих на настоящее и будущее. Для того чтобы интересы всех жителей в процессе городского развития были учтены, развитие транспортных систем необходимо рассматривать в природном контексте, создавая эффективно работающие соответствующие социальные институты, делать ставку именно на развитие электрифицированных видов общественного транспорта как наиболее экономичных, экологичных и производительных. Тогда быстрее станет эволюционировать конструкция троллейбуса и трамвая, появятся дуобусы, электробусы и другие виды транспорта на электрической тяге, и его развитие достигнет такого уровня, который позволит объединить города России в единую городскую транспортную сеть (по крайней мере, в центральных районах страны), а со временем он станет частью глобальной транспортной сети.

УДК 621.81.001.57

Прошивка как способ восстановления геометрических характеристик деталей

Д-р экон. наук В.Г. ШИБАКОВ, кандидаты техн. наук Д.Л. ПАНКРАТОВ и А.И. ШВЕЁВ, А.М. ВАЛИЕВ

ИНЭКА (8(8552) 39-71-40)

Рассмотрены варианты восстановления изношенных деталей различной геометрической формы пластической деформацией.
Ключевые слова: износ, пластическое деформирование, крестовина, шаровой палец, разжимной кулак, металл, восстановление.

Shibakov V.G., Pankratov D.L., Shveyov A.I., Valiev A.M.
INSERTION AS A WAY OF RESTORATION OF THE GEOMETRICAL CHARACTERISTICS OF DETAILS

In the article variants worn out details of the various geometrical form restoration are devoted by plastic deformation.
Keywords: deterioration, plastic deformation, spherical finger, metal.

Изменение размеров изношенных поверхностей деталей машин при их восстановлении обработкой давлением достигается, как известно, перемещением металла с нерабочих элементов на изношенные рабочие. Это логично: в деталях уже при их производстве всегда заложен завышенный запас прочности. Следовательно, некоторое ее уменьшение позволяет восстановить изношенную их часть пластическим перераспределением металла. Например, таких известных с незапамятных времен кузнечных операций, как осадка, прошивка, раскатка, обжим и т. д. Скажем, осадка применяется для восстановления внутреннего и наружного диаметров полых и увеличения наружного диаметра сплошных деталей. Происходит это за счет уменьшения высоты детали, поэтому допускается ее уменьшение для сильно нагруженных деталей не более чем на 5—8 %, а для среднена-груженных — не более на 15 %.

Пример такого восстановления шарового пальца приведен на рис. 1.

Однако снижение высоты шаровой части пальца на величину Δh сопровождается уменьшением контактной поверхности сопряжения, что, в свою очередь, увеличивает удельные нагрузки на сопрягаемые детали и не всегда приемлемо по условиям безопасности и эксплуатационным характеристикам. Поэтому для восстановления формы шарового пальца все чаще используют прошивку (рис. 2), при которой деформирующий инструмент внедряется в торец детали. Благодаря этому восстанавливается не только форма, но и "залечиваются" усталостные микроповреждения материала, образовавшиеся в процессе эксплуатации, за счет потоков металла в сечение перехода шаровой части в конусную, что приводит к восстановлению усталостной прочности пальца.

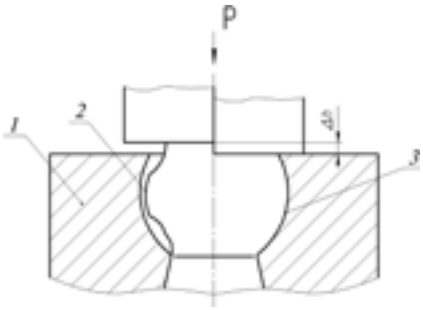


Рис. 1. Схема восстановления шарового пальца осадкой:
1 — матрица; *2* — поверхность пальца до восстановления; *3* — поверхность пальца после восстановления

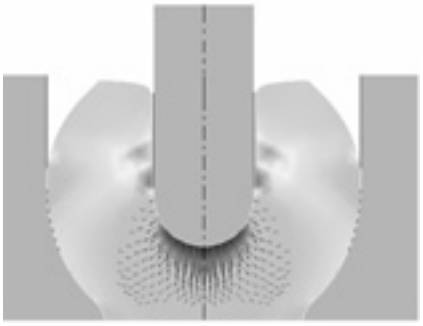


Рис. 2. Модель процесса восстановления шарового пальца прошивкой

Результаты прошивки очень сильно зависят от правильности выбора инструмента, его геометрических размеров и формы: и то, и другое должно соответствовать геометрическим параметрам самой детали, а также характеру и степени ее износа (рис. 3, *а*).

Размеры инструмента в данном случае подбираются, исходя из условия, что его объем ($V_{инстр}$), внедряемый в деталь, больше или равен сумме объемов $V_{изн}$ металла, изношенного с поверхности детали, и $V_{мех.обр}$, снимаемого при последующей механической обработке.

Таковы общие соображения. Если же говорить более конкретно, то поскольку все детали машин, подверженных износу, совершенно разные, их нужно по форме разделить на осесимметричные и неосесимметричные. Что позволяет выбирать алгоритм подбора инструмента по отдельным и уже поэтому более точным алгоритмам.

Так, в случае осесимметричных деталей алгоритм их восстановления прошивкой должен учитывать высоту h внедряемой части и диаметр d поперечного сечения инструмента (рис. 3, *б*).

Это при многоразовом инструменте. Однако при $h/d \geq 2{,}5$ инструмент, к сожалению, теряет устойчивость, изгибается в продольном направлении, приводя к его поломке. А при $d \leq 20$ мм не обеспечивается достаточная стойкость инструмента из-за быстрого его нагрева. В связи с чем в качестве деформируемого

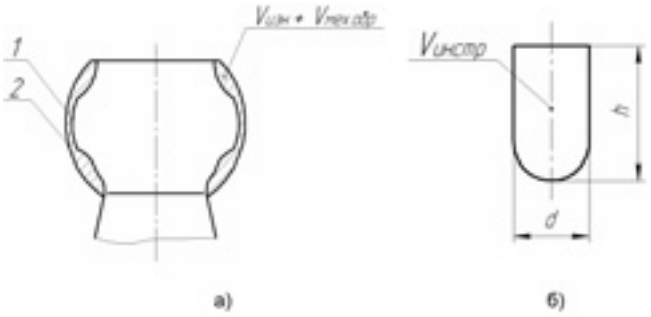


Рис. 3. Контуры (а) шарового пальца до (1) и после восстановления (2) и используемый для их восстановления инструмент (б)

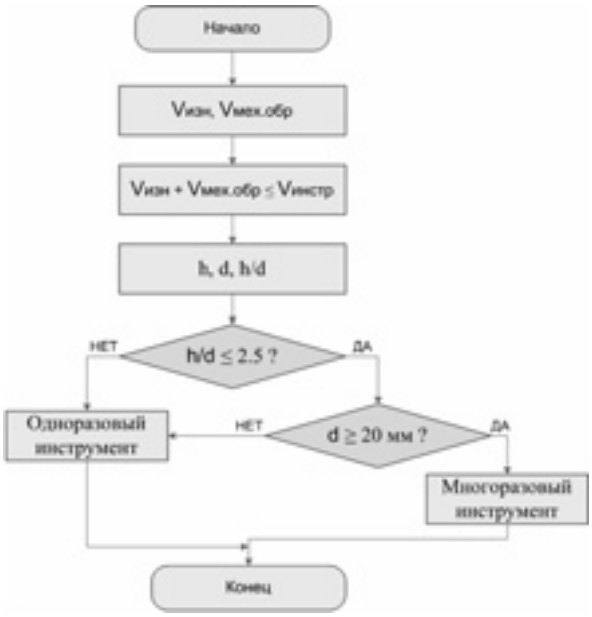


Рис. 4. Алгоритм восстановления осесимметричной детали прошивкой

инструмента во многих случаях целесообразно использовать разовый деформирующий, который после внедрения образует с деталью неразъемное соединение (рис. 4). Причем при $h/d \geq 2{,}5$ можно применять боковую поддержку в виде бандажных элементов в конструкции штампа. В качестве примера такого решения на рис. 5 представлена схема восстановления изношенной поверхности шипа крестовины заднего редуктора автомобиля КамАЗ. Здесь, как видим, восстановление геометрических размеров шипа *1* крестовины в матрице *2* обеспечивается перемещением материала из сердцевины в область изношенной поверхности за счет внедрения разового инструмента *5* толкателем *3*, а обойма *4* используется для предотвращения потери устойчивости разового инструмента.

Выбор деформирующего инструмента для неосесимметричных деталей рассмотрим на примере разжимного кулака (рис. 6) тормозной системы автомобиля.

Для восстановления изношенного кулака необходимо обеспечить полное восстановление его формы, причем без ухудшения прочностных и эксплуатационных его свойств. И решается эта задача с помощью двух рассеченных пуансонов с шаровидными торцами (рис. 7) — схемы, которая позволяет получить целенаправленное перемещение металла в изношенные зоны. Причем при выборе инструмента для восстановления неосесимметричных деталей можно руководствоваться следующими четырьмя условиями.

1. Форма передней поверхности пуансона (поверхность, обращенная в сторону восстанавливаемой детали) должна быть эквидистантна поверхности восстанавливаемой.

2. Форма задней части пуансона (со стороны поверхности детали, которая не нуждается в деформировании) должна быть подобрана с учетом минимизации деформации задней части этой поверхности.

3. Необходимо, чтобы расстояние от восстанавливаемой поверхности до поверхности внедряемого инструмента было равно или больше минимально допустимого, вычисленного с учетом прочностных характеристик материала и условий работы детали.

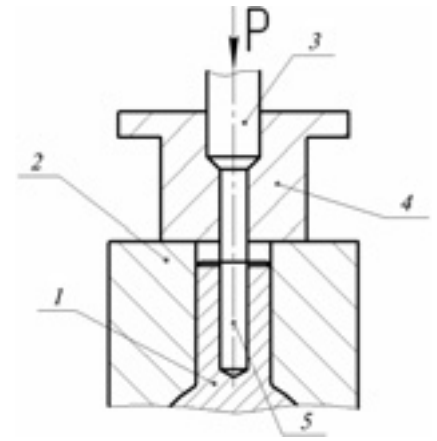


Рис. 5. Схема восстановления шипа крестовины главного редуктора автомобиля КамАЗ:
1 — шип; *2* — матрица; *3* — толкатель; *4* — обойма; *5* — разовый инструмент

Рис. 6. Разжимной кулак тормозной системы

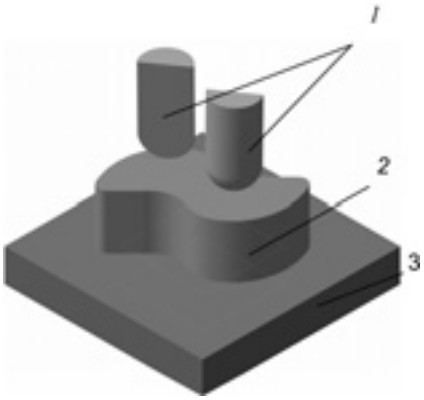


Рис. 7. Разжимной кулак с блоком инструментов:
1 — пуансоны; *2* — головка кулака; *3* — нижняя плита пресс-оснастки

4. При выборе формы торца пуансона следует руководствоваться теми же соображениями, что и при выборе инструмента для восстановления осесимметричных деталей.

Расчеты показали, что при выполнении перечисленных условий направление течения металла всегда происходит в нужном направлении.

Таким образом, из изложенного следует, что наиболее значимыми факторами при выборе формы деформируемого инструмента для восстановления пластическим деформированием являются геометрические характеристики восстанавливаемой детали, а также характер и степень ее изношенности.

УДК 629.113.001

Стенд и метод контроля процесса торможения автомобиля с АБС

Д-р техн. наук А.И. ФЕДОТОВ, Е.М. ПОРТНЯГИН, А.Н. ДОМОРОЗОВ

Иркутский ГТУ (8(3952) 40-50-00)

Предложены интегральные параметры для оценки эффективности торможения и устойчивости при торможении автотранспортных средств, оснащенных антиблокировочной системой, в стендовых условиях.

Ключевые слова: автомобиль, диагностирование, торможение, антиблокировочная система, стенд.

Fedotov A.I., Portnyagin E.M., Domorozov A.N.

STAND AND METHOD OF CONTROL OF BRAKING PROCESS OF AUTOMOBILE WITH ABS

The author proposes integral parameters to estimate the braking efficiency and stability of vehicles equipped with an antiblock brake system when braking under stand conditions.

Key words: automobile, diagnosing, braking, antiblock brake system, stand.

Для стендового контроля тормозных систем автомобилей, оснащенных АБС, очевидно, необходимо диагностическое оборудование, которое способно воспроизводить необходимую начальную скорость вращения колес, обеспечивающую функционирование АБС. Однако применяемые в настоящее время стенды не позволяют осуществлять контроль тормозных систем автомобилей с функционирующей АБС. В частности, ни один из них не способен обеспечить начальную скорость вращения колес, при которой АБС начинает нормально работать.

Исходя из данного обстоятельства, в Иркутском ГТУ приняли решение заполнить образовавшийся пробел. И это удалось: создан (пат. № 2241618, РФ) стенд, схема которого приведена на рис. 1.

Как видно из рисунка, стенд состоит из двух одинаковых платформ (подвижной *8* и неподвижной *12*), соединенных между собой угловыми редукторами *1* и шлицевым карданным валом *10*. Это позволяет изменять длину стенда, т. е. устанавливать на него легковые АТС с базой от 2 до 3 м.

Каждая из платформ содержит по две пары опорных роликов *2* с цепными передачами *4*.

Аккумуляторами энергии стенда служат маховые массы *3*, которые кинематически жестко связаны с опорными роликами *2* с помощью цепных передач *4*, промежуточных опор и цепных муфт *6*. (Жесткая кинематическая связь между опорными роликами стенда обеспечивает равенство их угловых скоростей, что необходимо для полноценной работы АБС.)

Система измерения тормозных сил стенда выполнена на основе магнитострикционных датчиков *5*. Переносная скорость АТС измеряется датчиками *9* угловых скоростей опорных роликов, расположенными на раме, угловые скорости колес — штатными датчиками *7*. Сигналы всех датчиков через платы усилителей-преобразователей *15* и аналого-цифровой преобразователь *16* поступают в ЭВМ *17*.

Процесс диагностирования включает установку АТС на опорные ролики, крепление его тросами-растяжками, задание тестового режима — разгона с помощью собственной силовой установки до начальной скорости, равной 40 км/ч, и торможения до полной остановки опорных роликов.

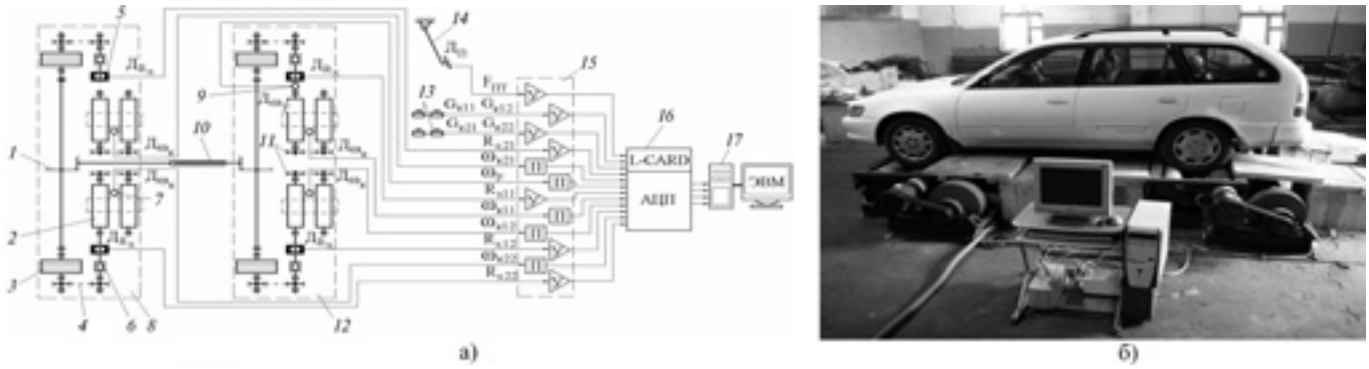


Рис. 1. Схема роликового стенда:
1 — угловой редуктор; *2* — опорный ролик; *3* — маховая масса; *4* и *11* — цепные передачи; *5* — магнитострикционный датчик; *6* — цепная муфта; *7* — датчик угловых скоростей колес АТС; *8* и *12* — подвижная и неподвижная платформы; *9* — датчик угловых скоростей опорных роликов; *10* —шлицевой карданный вал; *13* — датчики массы; *14* — датчик усилия на органе управления; *15* — блок усилителей-преобразователей; *16* — аналого-цифровой преобразователь; *17* — ЭВМ

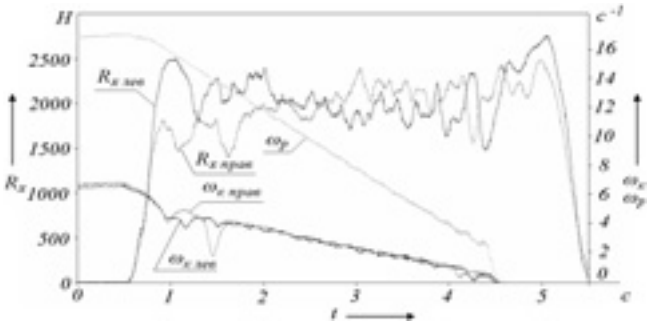


Рис. 2. Осциллограмма процесса торможения автомобиля "Тойота Королла", снятая на роликовом стенде

ЭВМ стенда обрабатывает сигналы датчиков и, используя программу L-Graph, отображает на экране зависимости угловых скоростей $\omega_к$ колес АТС, угловых скоростей $\omega_р$ опорных роликов и реализованных касательных реакций R_x (тормозных сил) на колесах. Пример такого отображения (осциллограмма процесса торможения автомобиля "Тойота Королла") приведен на рис. 2.

Как известно, ГОСТ Р 51709—2001 устанавливает, что контролировать тормозную эффективность и устойчивость АТС при торможении необходимо по регламентируемым параметрам — удельной тормозной силе и относительной разности $K_н$ тормозных сил на колесах. Однако выполнить это требование при торможении с АБС довольно сложно, поскольку тормозная сила $F_т$, равная по величине реализованной касательной реакции R_x, в процессе торможения непрерывно изменяется. Кроме того, ГОСТ не содержит информации о том, при каких условиях нужно измерять тормозные силы на колесах оси — при достижении максимального значения тормозной силы $F_т$ на одном из колес или на каждом из них. Поэтому авторы

№ формулы	Формула	Примечания
1	$\overline{\gamma}_{АТС} = \frac{1}{K}\sum_{j=1}^{K}\frac{\overline{R}_{xj}}{\overline{G}_{kj}}$	K — число колес у АТС; $\overline{R}_{x_j}$ — среднее за процесс торможения значение реализованной касательной реакции на j-м колесе АТС; $\overline{G}_{k_j}$ — среднее за торможение значение силы тяжести АТС, приходящееся на j-е колесо
2	$\overline{R}_{x_j} = \frac{1}{t_1 - t_0}\int_{t_0}^{t_1} R_{x_j}(t)dt$	t_1 — время конца торможения; t_0 — время, при котором R_{x_j} достигает своего первого максимального значения; $R_{x_j}(t)$ — функция изменения R_{x_j}
3	$\overline{R}_{x_j} = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N} R_{x_{ji}}$	$R_{x_{ji}}$ — измеренные, дискретные значения R_{x_j}
4	$\overline{G}_{k_j} = \frac{1}{t_1 - t_0}\int_{t_0}^{t_1} G_{k_j}(t)dt;\ \overline{G}_{k_j} = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N} G_{k_{ji}}$	—
5	$\overline{\gamma}_{ось} = 0{,}5\cdot\left(\frac{\overline{R}_{xлев}}{\overline{G}_{клев}} + \frac{\overline{R}_{xправ}}{\overline{G}_{кправ}}\right)$	$\overline{R}_{xлев}$, $\overline{R}_{xправ}$ — средние за торможение значения R_{x_j} на левом и правом колесах; $\overline{G}_{клев}$, $\overline{G}_{кправ}$ — средние за торможение значения силы веса АТС, приходящиеся на правое и левое колесо соответственно
6	$\overline{K}_н = \frac{\lvert\overline{R}_{xлев} - \overline{R}_{xправ}\rvert}{\overline{R}_{xmax}}\cdot 100\ \%$	$\overline{R}_{xлев}$, $\overline{R}_{xправ}$ — реакции, реализованные за торможение на левом и правом колесах соответственно; $\overline{R}_{xmax}$ — максимальная из средних за процесс торможения реализованных касательных реакций
7	$K_{нГОСТ} = \frac{\lvert R_{xлев} - R_{xправ}\rvert}{R_{xmax}}\cdot 100\ \%$	—
8	$\overline{S} = \frac{1}{K}\sum_{j=0}^{K}\overline{S}_j$	$\overline{S}_j$ — среднее за торможение проскальзывание j-го колеса
9	$\overline{S}_j = \frac{1}{t_1 - t_0}\int_{t_0}^{t_1} S_j(t)dt$	$S_j(t)$ — функция реализованного проскальзывания
10	$\overline{S}_j = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N} S_{j_i}$	—

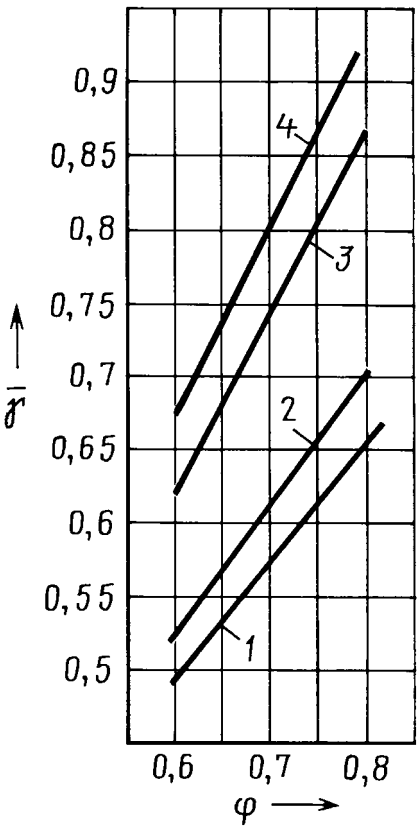


Рис. 3. Зависимость удельной тормозной силы на заднем левом (1), переднем левом (2), заднем правом (3) и переднем правом (4) колесах от коэффициента сцепления

решили ориентироваться на предложение М.А. Петрова[1], т. е. оценивать эффективность торможения колеса на основе средних значений коэффициента $\bar{\varphi}_{ср}$ сцепления и относительного проскальзывания $\bar{S}_{ср}$, но — с учетом импульсности торможения при наличии АБС. В итоге тормозная эффективность АТС оценивается по интегральному среднему значению удельной тормозной силы $\bar{\gamma}_{АТС}$, которая подсчитывается по формуле № 1 (см. таблицу).

Среднее за процесс торможения значение реализованной касательной реакции $\bar{R}_{xj}$ на одном из колес АТС, входящей в эту формулу, в общем случае дает формула № 2. Но если учесть, что в процессе контроля в ЭВМ стенда вместо функции $R_{xj}(t)$ поступает конечное число N измеренных дискретных значений реализованной касательной реакции R_{xji}, то — формула № 3.

Точно таким же образом определяются средние за процесс торможения значения силы G_{kj} тяжести автомобиля, приходящейся на каждое колесо АТС (формулы № 4). Но обычно при контроле тормозных систем АТС на стендах удельную тормозную силу измеряют индивидуально для каждой диагностируемой оси. Тогда среднее значение удельной тормозной силы $\bar{\gamma}_{ось}$ для оси будет соответствовать формуле № 5.

Авторы сравнили значения параметра $\bar{\gamma}$, полученные на стенде, и $\gamma_{ГОСТ}$, рассчитанный по ГОСТ Р 51709—2001. Установлено, что параметр $\gamma_{ГОСТ}$ дает завышенные значения удельных тормозных сил для колес передней оси и заниженные — для колес задней оси. Это вызвано перераспределением массы АТС: при торможении его передняя ось догружается, а задняя — разгружается (рис. 3). При этом интегральный параметр $\bar{\gamma}$ линейно связан с изменением коэффициента сцепления φ.

Таким образом, можно сделать вывод: интегральный параметр $\bar{\gamma}$ более достоверно оценивает процесс торможения автомобиля с АБС, в то время как $\gamma_{ГОСТ}$, рассчитанный по ГОСТ Р 51709—2001, имеет большую вариацию. К примеру, при $\varphi = 0{,}8$ $\bar{\gamma} = 0{,}7$, а $\gamma_{ГОСТ}$ изменяется в пределах от 0,64 до 0,91. Причем величина вариации $\gamma_{ГОСТ}$ зависит от множества случайных факторов — особенностей перекатывания колес по роликам стенда; перераспределения массы АТС; момента времени, при котором тормозная сила достигает своего первого максимального значения и др.

Оценивать *устойчивость* АТС с АБС при торможении, как показали те же исследования, целесообразно по относительной разности $\bar{K}_н$ тормозных сил, рассчитанной на основе средних за процесс торможения значений реализованных касательных реакций $\bar{R}_x$ (формула № 6).

Для анализа предложенного параметра рассмотрим два примера торможения АТС с АБС на стенде.

Первый из них — рис. 4, на котором показан процесс торможения колес передней оси автомобиля с ярко выраженной неравномерностью тормозных сил в установившемся режиме. Но ГОСТ Р 51709—2001 рекомендует выполнять расчет относительной разности $\bar{K}_{н\,ГОСТ}$ тормозных сил колес оси по значениям тормозных сил на пике фазы нарастания одной из тормозных сил (формула № 7), не оговаривая, повторяем, какого из колес. Такой расчет дает заниженное значение относительной разности тормозных сил в отличие от относительной разности $\bar{K}_н$ для установившегося режима торможения, рассчитанной на основе средних значений реализованных касательных реакций $\bar{R}_x$.

То же самое можно сказать и в случае рис. 5, который иллюстрирует разные темпы нарастания дав-

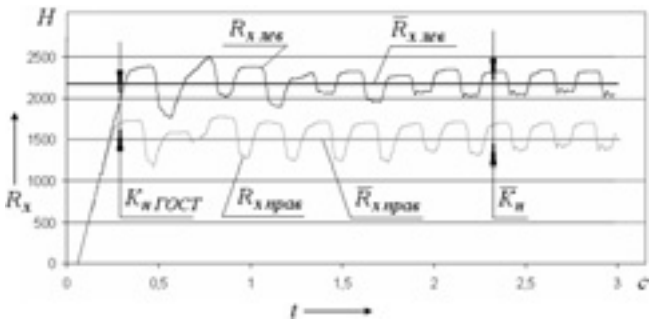


Рис. 4. Процесс торможения с разными уровнями тормозных сил на колесах

[1] Петров М.А. Работа автомобильного колеса в тормозном режиме / М.А. Петров; Сибирский автомобильно-дорожный институт им. В.В. Куйбышева. — Омск: Западно-Сибирское книжное издательство. Омское отделение, 1973. 224 с.

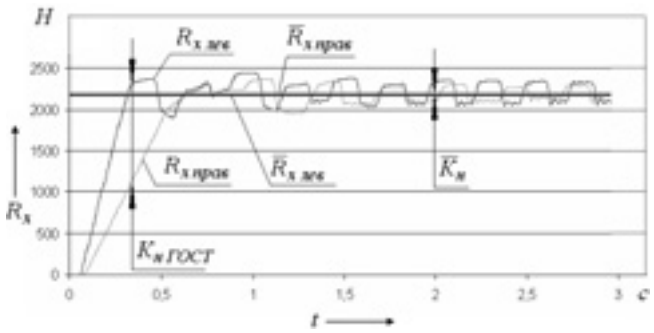


Рис. 5. Процесс торможения с разными темпами нарастания тормозных сил

ления в тормозном приводе правого и левого колес на фазе нарастания тормозных сил: относительная разность $K_{\text{н ГОСТ}}$ тормозных сил, рассчитанная по ГОСТ Р 51709—2001, намного превышает ее значение, полученное на основе средних за процесс торможения значений реализованных касательных реакций $\overline{R}_x$.

Причем в обоих случаях интегральный показатель наиболее корректно оценивает устойчивость АТС в процессе торможения, поскольку ее расчет ведется по значениям тормозных сил на установившемся режиме, а не на краткосрочном участке их нарастания.

Для косвенной оценки устойчивости колеса при его импульсном торможении М.А. Петров, как сказано выше, предложил использовать среднее значение относительного проскальзывания $\overline{S}_{\text{ср}}$. Оно примет вид формулы № 8, в которой $\overline{S}_j$, в свою очередь, вычисляется в общем случае по формуле № 9, а при известном числе N измеренных дискретных его значений — по формуле № 10.

Однако учитывая большую нелинейность характеристик шин от проскальзывания, параметр $\overline{S}_j$ наиболее целесообразно использовать в качестве оценки того, как АБС регулирует процесс торможения колес диагностируемого автомобиля.

Таким образом, выполненное авторами исследование показало следующее.

1. Надежный и полный контроль тормозной системы автомобилей с АБС на стендах с беговыми барабанами вполне возможен.

2. Предлагаемые интегральные параметры оценивают тормозную эффективность и устойчивость таких АТС при их торможении более корректно, чем аналогичные параметры, регламентируемые ГОСТ Р 51709—2001.

3. Средняя удельная тормозная сила $\bar{\gamma}$ точнее характеризует тормозную эффективность на стенде, чем показатель "удельная тормозная сила", рассчитанный по ГОСТ Р 51709—2001.

4. Относительная разность $\overline{K}_{\text{н}}$ тормозных сил, полученная на основе средних за процесс торможения значений реализованных касательных реакций $\overline{R}_x$, более достоверно оценивает устойчивость АТС в процессе установившегося торможения, чем показатель относительная разность $K_{\text{н}}$, рассчитанная по ГОСТ Р 51709—2001 на основе дискретных значений тормозных сил, измеренных в режиме их нарастания.

УДК 629.114.6.55.088

Алгоритм и методика исследования погрешностей измерения геометрических параметров АТС "3D-системами"

Канд. техн. наук И.М. БЛЯНКИНШТЕЙН, М.М. ВАЛИХАНОВ, А.С. КАШУРА

Сибирский федеральный университет (8(3912) 244-82-13)

Приведены алгоритм расчета, методика и результаты исследования погрешностей измерения геометрических параметров транспортных средств "3D-системой", которая основана на лазерных измерителях, работающих в дискретном режиме. Получены количественные оценки влияния на точность измерения взаимного расположения элементов лазерной измерительной системы и контролируемого транспортного средства.

Ключевые слова: измерение геометрических параметров транспортных средств, методика измерений, повышение точности, лазерные измерители.

Blyankinshtein I.M., Valikhanov M.M., Kashura A.S.
ALGORITHM AND TECHNIQUE OF PROBE OF ERRORS IN MEASUREMENT OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF VEHICLES "3D"-SYSTEMS

The algorithm of calculation, technique and results of research of errors in measurement of geometrical parameters of vehicles "3D"-systems based on laser measuring instruments, working in a discrete mode is resulted. Quantitative estimations of influence on accuracy of measurement of a relative positioning of laser measuring system and a controllable vehicle are received.

Keywords: measurement of geometrical parameters of vehicles, measurement technique, accuracy increase, laser measuring instruments.

В последнее время при контроле геометрических параметров АТС в процессе их ремонта и обслуживания получают распространение ультразвуковые, лазерные и видеоизмерительные системы. На практике их называют "3D-системами", так как принцип их работы основан на определении пространственных координат контрольных точек или длин контролируемых отрезков в трехмерной системе координат. Их преимущества перед традиционными средствами признаны и теорией, и практикой. Однако проблема точности измерения такими системами все-таки остается недостаточно раскрытой: пользователи знают лишь то, что производители измерительных систем сообщают в инструкции по эксплуатации. Между тем проблема не так уж и проста. Опыт решения подобных задач в навигации[1] свидетельствует: погрешности измерения пространственных координат точек зависят как от взаимного расположения элементов навигационной сис-

[1] Алешечкин А.М. Исследование погрешностей определения координат наземной радионавигационной системы. / А.М. Алешечкин, М.М. Валиханов, В.И. Кокорин // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. Выпуск 4 (17). 2007. С. 105—110.

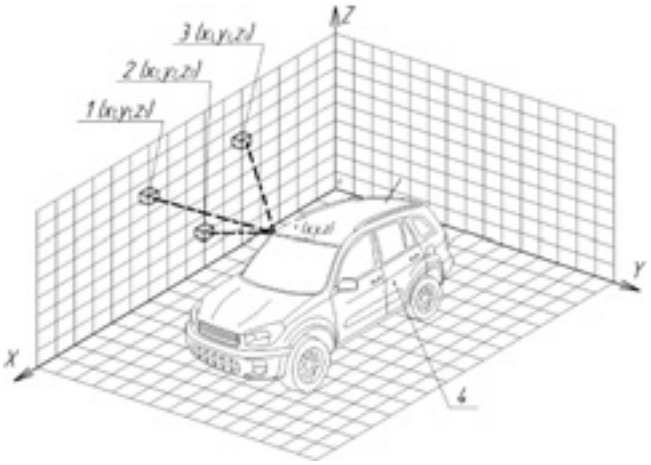


Рис. 1. Определение геометрических параметров транспортных средств с использованием системы лазерных измерителей, работающих в дискретном режиме:
1, 2, 3 — лазерные элементы измерительной системы; *4* — контролируемое транспортное средство

темы между собой, так и от относительного положения контролируемого объекта отражения.

Столкнулись с этой проблемой в ходе исследования характеристик способа измерения, который основан на системе лазерных измерителей (рис. 1), работающих в дискретном режиме (Пат. 2291751, РФ), и авторы данной статьи. Поэтому они и поставили перед собой задачу разработать алгоритм расчета погрешности рассматриваемого способа, а также методику определения погрешности измерения контролируемого отрезка и выявить зависимости изменения погрешности измерения контролируемого параметра от взаимного расположения элементов измерительной системы между собой и относительного положения контролируемого объекта.

При ее решении использовали алгоритм расчета погрешности измерения, элементы которого применяются при решении навигационных задач, если точнее — вариант нахождения теоретической погрешности на основе активно-дальномерного метода расчета координат точек.

При этом положение точки в пространстве и ее среднеквадратическое отклонение подсчитывались с помощью системы уравнения второго порядка в среде Mathcad, а в качестве измеряемых параметров при определении пространственных координат принимались дальности от измерителей до контрольных точек.

Результат измерения, как и в любой подобной ситуации, очевидно, можно представить в виде формулы № 1 (табл. 1), а связь с координатами в пространстве — в виде формулы № 2. Затем в соответствии с последней составлялась система уравнений с тремя неизвестными, которая решалась итерационным методом Ньютона. При этом координаты начального приближения x_0, y_0, z_0, используемые для первоначального решения системы, определялись из априорных данных о месте контрольной точки.

Для линеаризации уравнений использовался ряд Тейлора (формула № 3); для входящих в него частных производных по переменным x, y, z предназначена формула № 4.

В результате решения системы уравнений № 3 методом последовательных приближений, начиная со значений координат начального приближения (x_0, y_0, z_0), определялся вектор неизвестных. Координаты начального приближения уточнялись путем ввода поправок Δx, Δy, Δz (формулы № 5).

Далее координаты, которые были получены в результате решения системы уравнений № 3, использовались в качестве новых значений координат начального приближения.

Итерационный процесс прекращался при достижении определенного значения точности ζ (формула № 6).

Для расчета погрешности измерения контролируемого параметра с использованием имитационного моделирования процесса измерения был применен следующий порядок: по формуле № 1 находили $R_{\text{изм}i}$, где за Δ принималась вычисленная по нормальному закону распределения паспортная погрешность измерителя; затем полученные значения дальности $R_{\text{изм}i}$ (i = 1...3) подставлялись в рассмотренный выше алгоритм определения координат контролируемого параметра. Полученные значения пространственных координат контрольной точки обозначили (x', y', z').

Таким образом, отклонения по каждой координате в системе пространственных координат приобрели вид формулы № 7.

Среднеквадратическое отклонение точки представлялось в виде формулы № 8, а погрешность измерения для контрольного отрезка Δ_o рассчитывалась исходя из среднеквадратических погрешностей двух контрольных точек отрезка (формула № 9).

Среднеквадратическое отклонение точки Δ или отрезка Δ_o и стало основным параметром оценки точности измерения контролируемого объекта. На основании рассмотренного алгоритма была сформулирована методика определения погрешности отрезка, которая предполагает расчет отклонений координат каждой контрольной точки по рассмотренному выше алгоритму и включает следующие операции.

1. Ввод пространственных координат расположения лазерных измерителей.

2. Измерение (виртуально, а фактически при имитационном моделировании — ввод значений, полученных решением системы уравнений № 2 для заданной контрольной точки) длин лучей лазерных измерителей до контрольных точек автомобиля.

3. Решение системы уравнений (численным методом) и получение истинных пространственных координат контрольных точек без учета погрешностей измерения.

4. Ввод погрешности измерения дины лазерного луча согласно паспортным данным завода-изготовителя лазерного измерителя.

5. Моделирование в Mathcad длин лучей лазерного измерителя с учетом нормального закона распределения погрешности измерения длины лазерного луча.

6. Решение системы уравнений (численным методом) и получение пространственных координат контрольной точки с учетом заданной погрешности прибора.

7. Определение отклонения как разности между истинными значениями пространственных координат точки и пространственными координатами, полученными с учетом паспортной погрешности прибора (для каждого отдельного измерения).

8. Расчет среднеквадратической погрешности измерения.

9. Статистическое обоснование среднеквадратической погрешности (в программе автоматизировано, повторением пунктов 5—8, число N повторений равно 100).

10. По полученным статистическим данным рассчитывается средне значение среднеквадратической погрешности измерений первой контрольной точки.

11. Аналогично, согласно пп. 1—10, находится среднее значение среднеквадратической погрешности измерений второй контрольной точки.

12. Расчет среднеквадратической погрешности измерения контролируемого отрезка.

Для апробации методики было выполнено имитационное моделирование процесса измерения. При этом задавались следующими начальными условиями: число лазерных измерителей — 3; расстояния между лазерными измерителями — 500—3000 мм; паспортная погрешность лазерного измерителя — 1,5 мм, а ее распределение соответствует нормальному закону; диапазон длин контролируемого отрезка 0—3000 мм; расстояние до контролируемого объекта 150—3000 мм.

Затем была исследована погрешность измерения контролируемого отрезка в зависимости от взаимного расположения лазерных измерителей и относительно контролируемого объекта. Исследование включало определение среднеквадратической погрешности измерений (формула № 8) по рассмотренной выше методике.

Имитационное исследование процесса измерений выполнялось в три этапа.

На первом из них оценивалось влияние расстояния от лазерных измерителей до контрольной точки на

Таблица 1

№ формулы	Формула	Примечание
1	$R_{\text{изм}_i} = R_i + \Delta_{\text{изм}}$	R_i – истинное значение дальности; $\Delta_{\text{изм}}$ — погрешность измерения
2	$R_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}$	$i = 1...3$ — номер лазерного измерителя; x_i, y_i, z_i — пространственные координаты i-го лазерного измерителя; x, y, z — искомые координаты контрольной точки
3	$R_{\text{изм}}i = R_{0_i} + \frac{\partial R_i}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial R_i}{\partial y}\Delta y + \frac{\partial R_i}{\partial z}\Delta z$	R_{0_i} — вычисленное по формуле № 2 значение дальности в точке с координатами начального приближения (x_0, y_0, z_0); $\frac{\partial R_i}{\partial x}$, $\frac{\partial R_i}{\partial y}$, $\frac{\partial R_i}{\partial z}$ — частные производные по переменным x, y, z в точке (x_0, y_0, z_0); Δx, Δy, Δz — поправки к координатам начального приближения, подлежащие определению
4	$k_{x_i} = -\left(\frac{\partial R_i}{\partial x}\right)_{x_0} = \frac{x_i - x_0}{\sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2}}$, $k_{y_i} = -\left(\frac{\partial R_i}{\partial y}\right)_{y_0} = \frac{y_i - y_0}{\sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2}}$, $k_{z_i} = -\left(\frac{\partial R_i}{\partial z}\right)_{y_0} = \frac{z_i - z_0}{\sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2}}$	—
5	$x_{0j} = x_{0j-1} + \Delta x$, $y_{0j} = y_{0j-1} + \Delta y$, $z_{0j} = z_{0j-1} + \Delta z$	j — шаг итерационного процесса
6	$\varsigma < \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$	—
7	$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta_x \\ \Delta_y \\ \Delta_z \end{pmatrix}$	Δx, Δy, Δz — отклонения, соответственно, по пространственным координатам x, y, z
8	$\sqrt{\sum_{i=1}^{3} [(x_i - x'_i)^2 + (y_i - y'_i)^2 + (z_i - z'_i)^2]} = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)} = \Delta$	—
9	$\Delta_0 = \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Δ_1, Δ_2 — среднеквадратические погрешности первой и второй контрольных точек отрезка

среднеквадратическую погрешность измерений. При этом расстояния между лазерными измерителями оставались неизменными и равными 1000 мм, а длины лучей (расстояние L до объекта) изменяли в пределах от 600 до 3000 мм.

Результаты определения среднеквадратической погрешности измерений представлены в табл. 2, а также на рис. 2. Как из них видно, наименьшая погрешность измерения достигалась в том случае, когда длины лучей от измерителей до контролируемого объекта были равны расстояниям между лазерными измерителями, т. е. контрольная точка и измерители образовывали равностороннюю пирамиду.

На втором этапе оценивалось влияние положения измерительной системы относительно положения контролируемого отрезка. При этом измерительную систему располагали параллельно объекту, напротив крайней точки отрезка (оси заднего моста автомобиля), а расстояния между лазерными измерителями, а также до плоскости измерения были постоянными, при этом менялась длина измеряемых отрезков от нуля до 3000 мм (шаг — 500 мм).

Как видно на рис. 3, на котором приведены результаты измерений, при увеличении длины контролируемого отрезка погрешность его изменения повышается. Поэтому возник естественный вопрос: где расположить лазерные измерители относительно контролируемого объекта при измерении отрезка на нем для обеспечения минимума погрешности измерения?

Для ответа на него измерительную систему разместили напротив предполагаемого центра контролируемого отрезка и определили совокупную среднеквадратическую погрешность измерения отрезка (рис. 4). Как из него видно, самое правильное размещение измерительной системы — напротив предполагаемого центра контролируемого отрезка: среднеквадратическая погрешность измерения в этом случае составляет 5,67 мм, тогда как в других случаях она доходит до 8,43 мм (см. рис. 3).

На третьем этапе рассматривали зависимость изменения погрешности измерения при одновременном изменении как расстояния между лазерными измерителями, так и расстояния L до центра контролируемого отрезка. Результаты приведены на рис. 5, из которого следует, что среднеквадратическая погрешность

Таблица 2

№ пп	Длины лучей, мм, измерителей			Координаты исследуемой точки			Среднеквадратическая погрешность, мм
	№ 1	№ 2	№ 3	x	y	z	
1	600	600	600	500	141	500	4,77586
2	750	750	750	500	250	500	3,29634
3	1000	1000	1000	500	707	500	3,04560
4	1250	1250	1250	500	1301	500	3,36153
5	1500	1500	1500	500	1323	500	3,95268
...	...	...	...	...	...	...	...
11	3000	3000	3000	500	2915	500	7,68322

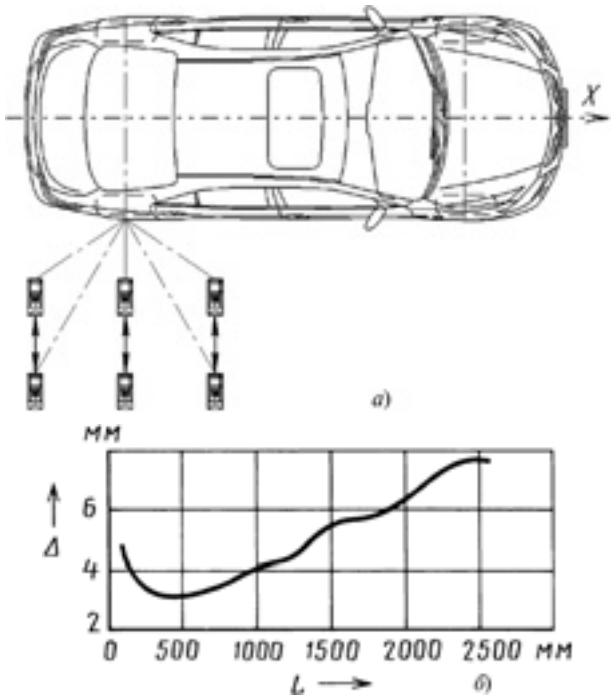


Рис. 2. Схема изменения положения измерителей относительно объекта (а) и график изменения среднеквадратической погрешности (б)

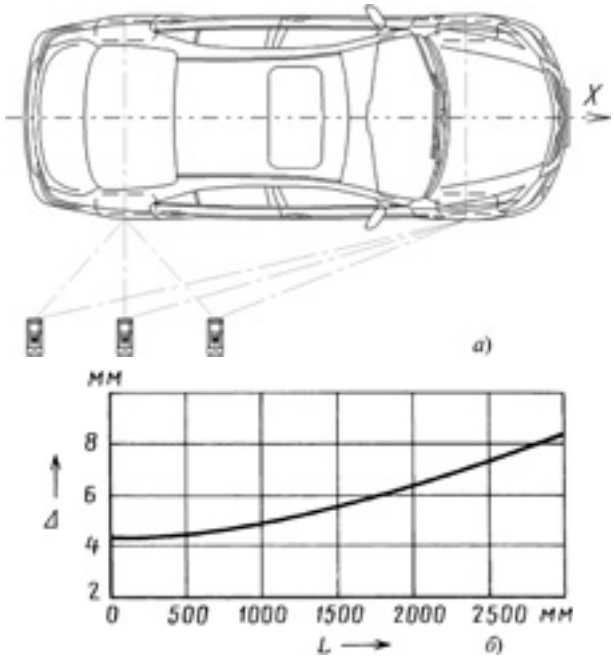


Рис. 3 .Схема измерения контролируемого отрезка (а) и график изменения среднеквадратической погрешности (б)

измерения контролируемого отрезка уменьшается при увеличении расстояний между лазерными измерителями и достигает минимального значения при расстоянии между измерителями, равном максимальному диапазону (3000 мм) для любой длины отрезка. Следовательно, погрешность измерения контрольных точек принимает минимальные значения в том случае, когда точка, принадлежащая контрольному отрезку, образует с лазерными измерителями пирамиду, все стороны которой равны или стремятся к этому.

На основании сказанного выше можно сформулировать следующие рекомендации для минимизации погрешностей измерения.

1. Расстояния между лазерными измерителями должны быть примерно равными, т. е. в основании пирамиды (точки расположения лазерных измерителей) при использовании трех измерителей должен лежать равносторонний треугольник.

2. Точка, лежащая в предполагаемом центре контролируемого отрезка, должна образовывать с точками расположения измерителей пирамиду, все стороны которой равны или стремятся к этому.

3. Расстояние между лазерными измерителями, а также расстояние от лазерных измерителей до точки, лежащей в предполагаемом центре контролируемого отрезка, должно быть сопоставимо либо превышать длину контролируемого отрезка.

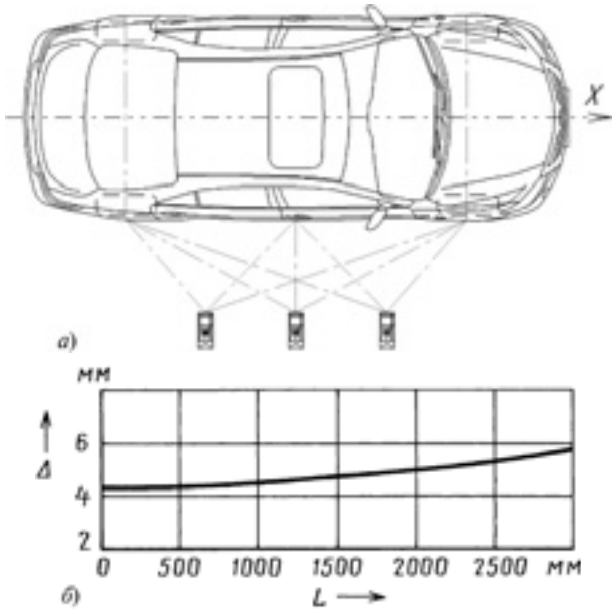


Рис. 4. Схема расположения измерителей по центру контролируемого отрезка (а) и график изменения среднеквадратической погрешности (б)

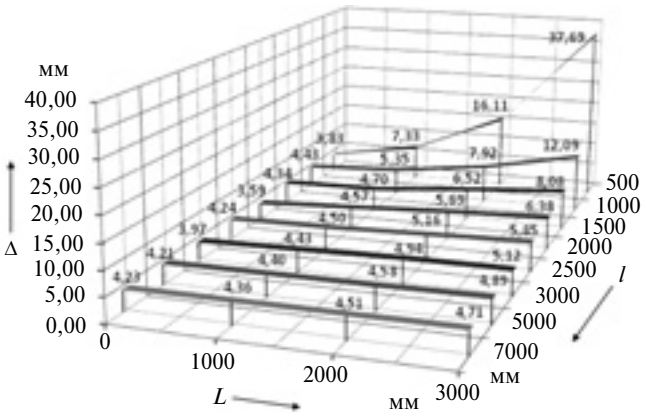


Рис. 5. Зависимость изменения величины погрешности измерения контролируемого отрезка при изменении расстояний между измерителями, расстояния до объекта и длины контролируемого отрезка

Таким образом, результаты проведенного исследования наглядно демонстрируют, что погрешности измерения положения контрольных точек (а, соответственно, и контролируемого отрезка по пространственным координатам), реализуемые "3D-системами", действительно в значительной мере зависят как от взаимного расположения элементов измерительной системы между собой, так и от относительного положения контролируемого объекта. Это обстоятельство требует от изготовителей таких систем записывать в эксплуатационную документацию условия, обеспечивающие минимальный уровень погрешностей измерения, а от персонала, эксплуатирующего данное измерительное оборудование, — понимание и соблюдение этих условий.

УДК 621.923

Новый способ углового суперфиниширования шеек коленчатого вала

А.Н. ТЮРИН

Западно-Казахстанский АТУ имени Жангир хана (8(7112) 50-13-74)

Предложен новый способ углового суперфиниширования шеек коленчатого вала, направленный на устранение погрешностей формы деталей и повышения эффективности.

Ключевые слова: суперфиниширование, коленчатый вал, погрешности формы, эффективность.

Tyurin A.N.

NEW METHOD OF JOURNALS CRANKSHAFT ANGULAR SUPER FINISHING

In the work a new method of journals crankshaft angular super finishing using for elimination of component shape and effectiveness increase processing is offered.

Keywords: super finishing, crankshaft, component shape'd effectiveness.

Статистика свидетельствует: при существующей технологии суперфинишной обработки только у 42 % шеек коленчатого вала ДВС отклонения геометрического профиля от цилиндричности находятся в пределах нормы (0,006 мкм). У остальных же 58 % наблюдается либо вогнутость, либо конусообразность, либо то и другое одновременно.

Такие погрешности создают весьма неблагоприятные условия для эффективного функционирования пары «шейка коленчатого вала—вкладыш». Причем устранить эти погрешности путем повторного суперфиниширования в случае конусообразности удается лишь на 16 % шеек, а в случае вогнутости число дефектных шеек даже возрастает на 5 %. Кроме того, на 13 % увеличивается профиль «площадка» (совпадение размеров детали по длине обрабатываемой поверхности как минимум по двум сечениям), а величина вогнутости и конусообразности достигает в среднем 0,008 мм.

Проанализировав данную технологию, автор пришел к выводу, что органически присущие ей недостатки можно устранить. Для этого нужно, чтобы осцилляции суперфинишной головки, содержащей три абразивных бруска, происходили под острым углом к

оси обрабатываемой детали (рис. 1). Причем бруски перемещались не по одной и той же, как при традиционном суперфинишировании, а по различным траекториям и выполняли различные функции: верхний — двигался по касательной к обрабатываемой поверхности, интенсивно и равномерно удаляя припуск вдоль профиля заготовки, а два других — по винтовой поверхности, обеспечивая повышенный съем припуска по краям профиля заготовки (один по одному краю, а второй — по другому). Это дает возможность исправлять погрешности исходной формы поверхности и создавать благоприятную форму для повышения работоспособности поверхности детали.

Выполненные затем эксперименты полностью подтвердили данные теоретические соображения. Они доказали, что при формообразующем суперфинишировании качество обработки поверхности и производительность процесса, действительно, очень сильно зависят от угла α наклона оси бруска к оси заготовки (рис. 2), а также от частоты осцилляции и силы прижима брусков к обрабатываемой поверхности. Например, при $\alpha = 0{,}5 \div 1{,}5^\circ$, усилии P_y прижатия брусков к обрабатываемой поверхности, равном 600—700 Н, времени τ осцилляции, равном 3—6 с, и частоте n осцилляции, равной 4 Гц, исходная погрешность в виде конусообразности K снижается на 27 %, а вогнутость V поверхности — на 20 %.

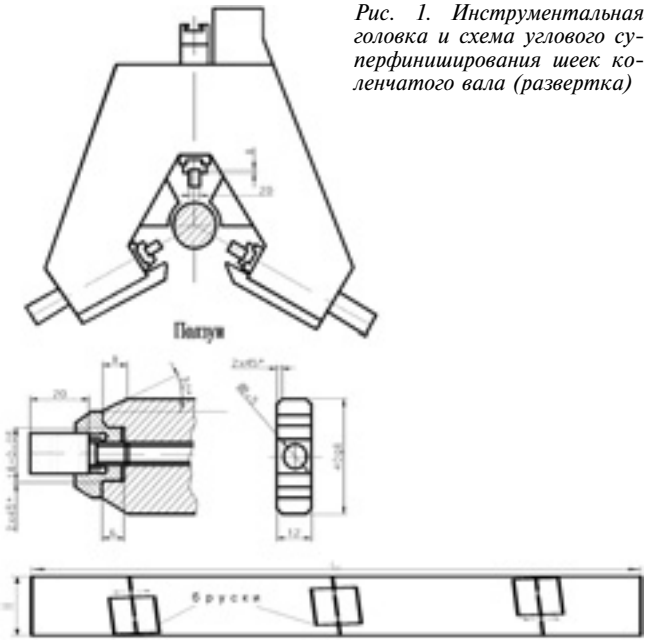


Рис. 1. Инструментальная головка и схема углового суперфинишировании шеек коленчатого вала (развертка)

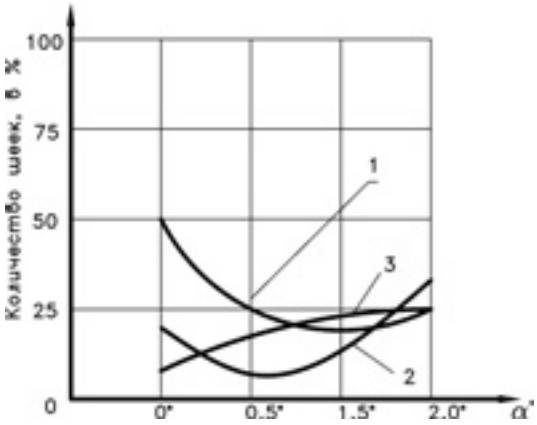


Рис. 2. Зависимость геометрической формы шеек коленчатого вала от угла осцилляции

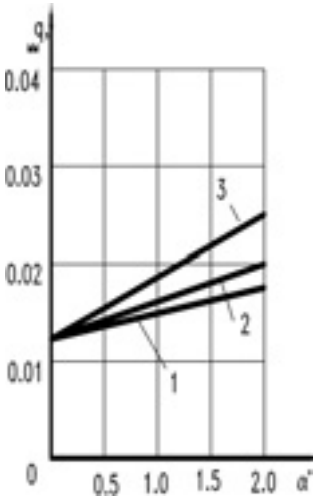


Рис. 3. Зависимость съема припуска шеек коленчатого вала от частоты nb (Гц) и угла осцилляции:
1 — 3 Гц; *2* — 4 Гц; *3* — 5 Гц (зернистость инструмента М14)

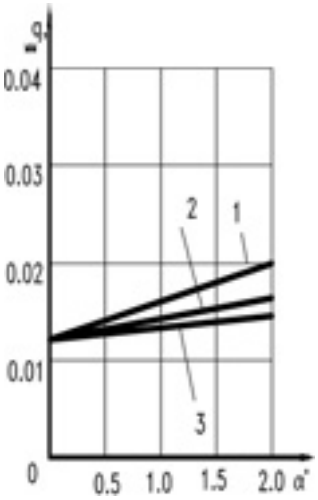


Рис. 4. Зависимость съема припуска шеек коленчатого вала от времени и угла осцилляции:
1 — 10 с; *2* — 15 с; *3* — 27 с (зернистость инструмента М14)

То же самое можно сказать и в отношении съема припуска (рис. 3, 4).

Так, при $\alpha = 0{,}5 \div 2^\circ$ при увеличении частоты $n_б$ осцилляции бруска он возрастает в 1,2—1,8 раза, что объясняется улучшением очистки пор бруска от стружки, т. е. отсутствием его засаливания. При изменении времени τ осцилляции и увеличении α от 0,5 до 2° съем припуска повышается на 50—100 %, но с увеличением этого времени разница в съеме припуска из-за частичного засаливания рабочей поверхности инструмента несколько снижается.

Учитывая значительное влияние данных параметров на показатели качества обрабатываемой поверхности, автор при составлении эмпирической модели обработки отнес эти факторы к числу варьируемых.

В результате модели влияния режимных факторов обработки на съем припуска q, овальность Δ и вогнутость V при угловом суперфинишировании имеют следующий вид:

$$q = 0{,}00824 + 0{,}0033 n_б + 0{,}0069 P_у - 0{,}0023\alpha - 0{,}0035 P_у \alpha - 0{,}0068 n_б \alpha;$$

$$\Delta = 0{,}0064 - 0{,}0013 n_б - 0{,}002\, n_б \alpha - 0{,}00087 n_б^2;$$

$$V = 0{,}0075 + 0{,}0047 P_у \alpha - 0{,}0054 P_у^2.$$

Таким образом, способ углового формообразующего суперфинишировании деталей типа валов обеспечивает достаточно высокую исправляющую способность технологической операции, поскольку позволяет снижать число шеек коленчатого вала, имеющих конусообразный и вогнутый профиль обработанной поверхности, при этом величина вогнутости и конусообразности в среднем равна 0,007 мм.

Итоги "утилизационной" программы CARS

Финансово-экономический кризис ударил по автомобилестроению во всем мире, поэтому во многих странах были оперативно разработаны и запущены разнообразные программы по стимулированию потребительского спроса на автомобили. Проведен такой эксперимент и в США, причем программа американского правительства "Система предоставления скидок на автомобили" (Car Allowance Rebate System,сокращенно — CARS), была объявлена лишь на месячный срок — с 24 июля по 24 августа 2009 г. и продлена всего на один день для завершения дилерами представления документов на денежную компенсацию.

Программа CARS предусматривала зачет потребителю до 4500 долл. за сдачу старой машины при покупке новой более экономичной модели. Под эту программу Конгресс США первоначально выделил 1 млрд долл., который был исчерпан в течение первой же недели действия программы. Еще через неделю Конгресс ассигновал на программу еще 2 млрд долл., которые к моменту завершения действия программы также были практически исчерпаны (всего дилерских заявок на возмещение скидок было подано на сумму 2,88 млрд долл.).

Согласно заявлению департамента транспорта США, главным итогом программы CARS стало удаление с дорог, всего за три недели, почти 700 тыс. так называемых кланкеров (больших старых машин) с заменой их современными и экономичными автомобилями. Разумеется, благодаря программе выиграли не только американские потребители, но и изготовители. Заводы ввели дополнительные смены и вновь наняли распущенный было персонал, близкие к закрытию салоны дилеров вернулись к жизни.

По сообщению департамента, предварительный анализ, проведенный Советом экономических консультантов при Белом доме, показал: за счет увеличения продаж автомобилей в июле и августе программа CARS обеспечила экономический рост в третьем квартале 2009 г. на 0,3—0,4 процентного пункта в годовом выражении, а также поддержит рост ВВП в четвертом квартале, так как для пополнения исчерпанных складских запасов потребуется увеличить производство автомобилей. Прогнозировалось, что программа создаст или сохранит во втором полугодии 2009 г. 42 тыс. рабочих мест, которые не сократятся и после закрытия программы. Департамент транспорта отмечает, что в результате роста спроса, вызванного программой, фирмы "Форд" и "Дженерал моторс" объявили о планах увеличения производства не только в третьем, но и в четвертом кварталах. "Хонда" также заявила, что она увеличит производство на своих американских заводах в Ист Либерти и Мэрисвилле (Огайо), а также в Линкольне (Алабама).

В деталях результаты программы CARS выглядят следующим образом.

Заявок на возмещение сделанных потребителям скидок дилерами подано 690 114 на общую сумму 2877,9 млн долл.

Лидером продаж по схеме замены старых автомобилей стала "Тойота" (табл. 1). Совокупная доля всех ази-

Таблица 1

Место	Производитель	Доля, %
1	"Тойота"	19,4
2	"Дженерал моторс"	17,6
3	"Форд"	14,4
4	"Хонда"	13,0
5	"Ниссан"	8,7
6	"Хёндэ"	7,2
7	"Крайслер"	6,6
8	"Киа"	4,3
9	"Субару"	2,5
10	"Мазда"	2,4
11	"Фольксваген"	2,0
12	"Судзуки"	0,6
13	"Митсубиси"	0,5
14	"Мини"	0,4
15	"Смарт"	0,2
16	"Вольво"	0,1
17	Прочие	менее 0,1

Таблица 2

Место	Марка и модель
1	"Тойота Королла"
2	"Хонда Сивик"
3	"Тойота Камри"
4	"Форд Фокус FWD"
5	"Хёндэ Эланта"
6	"Ниссан Верса" (“Тида“)
7	"Тойота Приус"
8	"Нонда Аккорд"
9	"Хонда Фит"(“Джаз“)
10	"Форд Эскейп FWD"

атских производителей составила 58,6 %, американских — 38,6 % и европейских — 2,7 %.

Самой продаваемой моделью по программе CARS стала "Тойота Королла", далее идут "Хонда Сивик", "Тойота Камри" и полноприводная версия "Форд Фокус". Еще один "Форд" — полноприводный кроссовер "Эскейп" — замыкает десятку лидеров. Остальные места заняты классическими легковыми моделями азиатских марок (табл. 2). Странно, но факт: триумф модели "Королла" никак не повлиял на объявленное 27 августа компанией "Тойота" решение о закрытии калифорнийского завода NUMMI — бывшего совместного предприятия с "Дженерал моторс", на котором выпускалось большинство проданных в США "Королл". Как сообщил департамент транспорта, 54 % автомобилей из первой десятки моделей, купленных по программе CARS, были изготовлены в США; на долю гибридных автомобилей пришлось 4,5 % (против 3 % в июньских продажах новых автомобилей).

Среди сданных в рамках программы в утиль (табл. 3) большинство — так называемые легкие грузовики, к которым в США относят полно- и заднеприводные внедорожники, пикапы и фургоны полной массой не более 6350 кг. Все они до недавнего времени были чрезвычайно популярны в Америке и фактически были частью незыблемых американских традиций. Теперь ситуация кардинально меняется (табл. 4).

За время действия программы CARS 84 % потребителей сдали в утилизацию легкие грузовики, а 59 % потребителей купили в рамках программы классические легковые автомобили. Если сравнивать их топливную экономичность, то результаты получаются весьма впечатляющие. Усредненный пробег одного сданного автомобиля на одном галлоне топлива составляет 15,8 мили, а вновь приобретенного — 24,9. То есть средний расход топлива снизился на 58 %.

Как известно, американская программа была смоделирована на основе программ, действующих в Германии, Франции, Италии, Испании и Великобритании. Несмотря на то что эти программы проявили себя успешно, некоторые аналитики в США весьма скептически отнеслись к программе CARS, доказывая, что она увеличила государственный долг и лишь ускорила продажи, которые в любом случае реализовались бы позднее в этом же году, с наступлением главного покупательного сезона. С наиболее серьезной критикой последствий программы выступила известная аналитическая компания "Эдмундс" (Edmunds.com). Старшему аналитику этой компании Д. Томпкинсу принадлежит мгновенно ставшая крылатой фраза по поводу упоения автомобильной промышленности успехом данной "операции": "После бурного веселья ждет тяжелое похмелье". На основании существенного спада "намерений о покупке", отмеченного в поведении посетителей сайта компании, аналитик ожидает резкое сокращение продаж в ближайшее время. Он отмечает, что текущий показатель "намерений о покупке" снизился на 50 % по сравнению с пиком действия программы и опустился на 11 % от среднего уровня в июне. Его коллега Д. Колдуэлл предсказывает такой ход развития событий: "Всплеск продаж опустошил складские запасы и подтолкнул вверх цены. Кроме того, при низком уровне запасов многие производители уже не видят большого смысла проявлять щедрость с льготами для покупателей. Ограниченный выбор и более высокие цены окажут дальнейший прессинг на объемы продаж".

Таблица 3

Место	Марка и модель
1	"Форд Экслорер 4WD"
2	"Форд F150 пикап 2WD"
3	"Джип Гранд Черокки 4WD"
4	"Форд Экслорер 2WD"
5	"Додж Караван/Гранд Караван 2WD"
6	"Джип Черокки 4WD"
7	"Шевроле Блейзер 4WD"
8	"Шевроле С1500 пикап 2WD"
9	"Форд F150 пикап 4WD"
10	"Форд ВиндсстарFWD фургон"

Таблица 4

Тип АТС	Куплено новых, шт	Сдано старых, шт
Легковые автомобили	404 046	109 380
Легкие грузовики класса 1	231 651	450 778
Легкие грузовики класса 2	46 836	116 909
Легкие грузовики класса 3	2 408	8 134

Кто окажется прав в своих прогнозах — маститые экономические советники Белого дома или независимые аналитики, или реальность окажется где-то посредине — покажет время. А пока производители "куют железо пока горячо". Дополнительные продажи компактных кроссоверов означают дополнительные рабочие смены, и это хороший знак, даже если относительное благополучие окажется временным.

Ю.И. Кравцов,
ОАО "АСМ-холдинг"

(Использованы материалы сайта just-auto.com)

"Мир автобусов 2009"

Второй Международный автотранспортный фестиваль "Мир автобусов-2009" прошел в подмосковной Коломне на базе пассажирского автотранспортного предприятия МАП №2 "Автоколонна 1417" при поддержке Министерства транспорта Московской области, ГУП МО "Мострансавто", Администрации города Коломна и транспортной системы "Маршрут".

В рамках деловой программы фестиваля состоялись: пленарное заседание конференции "Совершенствование работы пассажирского автомобильного транспорта, внедрение информационных технологий", круглые столы, посвященные различным аспектам безопасности пассажирских перевозок, современным технологиям технического сервиса подвижного состава, финансированию предприятий пассажирского транспорта и другим актуальным вопросам.

Территория же "Автоколонны 1417" была целиком превращена в выставку. Так, на открытых площадках экспонировались автобусы ведущих фирм Германии, Швеции, Голландии, стран СНГ, Китая и Южной Кореи. Причем число выставленных моделей, по сравнению с прошлым годом, удвоилось. Особое, почетное место было отведено исторической экспозиции из коллекции музея "Мосгортранса", возглавлял которую ЗИС-8, герой фильма "Место встречи изменить нельзя" (именно эта фраза была выбрана девизом фестиваля).

В первом из трех выставочных павильонов показали свою продукцию изготовители и поставщики компонентов, запасных частей, расходных материалов, а также информационные технологии для пассажирского автотранспорта. Во втором — по инициативе фирмы МАН была организована экспозиция, посвященная производству автобусной техники, где участники фестиваля могли увидеть, как создается современный автобус. В третьем — представлены новые технологии обслуживания и ремонта, где свое мастерство демонстрировали специалисты подразделения технического сервиса автобусов "Автоколонны 1417".

На территории АТП также были организованы выставка транспортных средств для отдыха и путешествий (автокемперов и катеров), площадка тест-драйвов, автодром для квадроциклов, демонстрировалась в действии специальная техника для эвакуации неисправных и аварийных автобусов и др.

Значительно увеличилось число экспонентов: 89 компаний, работающих в области пассажирских перевозок, автомобилестроения, производства запасных частей и автосервиса из 12 стран-участников (в прошлом году — 9). Одним из наиболее ярких событий фестиваля стала презентация первого в России городского автобуса "Лайонс-Сити – А21" фирмы "МАН Автомобили Россия". В рамках презентации был подписан сервисный договор между компанией МАН и "Автоколонной 1417", в соответствии с которым на базе автоколонны будет создан авторизованный сервисный центр для ремонта и обслуживания автобусов марки МАН.

Участие профессионалов в выставке оценивалось по четырем номинациям. Лучшим туристическим автобусом признан "Неоплан Старлайнер". Лучшим маршрутным автобусом стал "Вольво 7700А" — автобус экологического стандарта "Евро-5". В течение года, по соглашению с компанией "Вольво Юго-Восток", данный экземпляр проходил опытную эксплуатацию на городских маршрутах Коломны и зарекомендовал себя надежным, экономичным, экологичным и, что немаловажно, рентабельным. В номинации "Лучший микроавтобус" победу одержал "Мерседес Спринтер 515 CDI", представленный дилерским центром "Авилон". В номинации "Лучшая экспозиция" (среди производителей компонентов, технологий и программного обеспечения) победителем названа фирма "Гэллакс" — официальный представитель европейских изготовителей гаражного и диагностического оборудования.

Состоялись также связанные с автобусной тематикой конкурсы детского рисунка, частушек и др. Для участников фестиваля были организованы автобусные экскурсии по старой Коломне. Гостями фестиваля стали легендарный вратарь сборной СССР по футболу Ринат Дасаев и многократный победитель в ралли-рейдах на грузовиках МАН Яков Мехтиев. Входным билетом на выставку служила стандартная карта для оплаты проезда по системе "Маршрут", которая используется на всех город-

ских и пригородных автобусах "Автоколонны 1417". Таким образом, любой из пассажиров мог стать участником фестиваля, а любой из гостей – воспользоваться городским транспортом в Коломне или автобусом до московской станции метро "Выхино", то есть оценить результаты работы АТП с точки зрения потребителя.

Второй международный фестиваль "Мир автобусов" состоялся и, по общему мнению, прошел с успехом. На площадке фестиваля удалось создать ту модель ав-

тобусного мира, которую организаторы хотели бы видеть в каждом российском городе. По словам министра транспорта Правительства Московской области П.Д. Кацыва, "Мир автобусов" стал проектом конкретной поддержки отечественных предприятий, работающих в области пассажирских перевозок и их зарубежных партнеров, сумевших по достоинству оценить перспективность российского рынка. Проектом, который дает прекрасную возможность для укрепления взаимодействия компаний отрасли, конструктивного обмена идеями и реализации новых перспективных начинаний.

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Невелев В.А. — Влияние конкурентоспособности отечественных АТС на конъюнктуру их национального рынка . . . 1

Шмелев А.П., Шпет В.А., Зиннуров В.Х. — Оценка и отбор посреднического звена (дилеров) для работы на условиях товарного кредита . . . 2

АСМ-факты . . . 5

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Антипов Ю.А., Вальехо Мальдонадо П.Р., Барский И.А., Шаталов И.К. — КПД гибридной установки с паровым двигателем . . . 6

Антонов И.С., Балашов О.Н., Беликов Г.В. — Результаты исследования крутильной жесткости блоков цилиндров ДВС . . . 7

Лебедев С.А., Антипенко В.С. — Альтернативные источники тока для систем электростартерного пуска ДВС . . . 9

Набоких В.А., Опарин И.М. — Транзисторные коммутаторы систем зажигания отечественного производства . . . 12

Бадалян Л.Х. — Математическая модель загрязнения воздушной среды автотранспортными средствами . . . 14

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

Разговоров К.И. — Методика снижения сверхнормативных простоев автобусов в ремонте . . . 17

Павлишин С.Г. — Надежность автомобилей КамАЗ в гарантийный период эксплуатации . . . 18

Осипов А.Г. — Экономическая оценка методов диагностирования тормозных систем автомобилей . . . 19

Карманов К.Н. — Главный путь развития городских транспортных систем . . . 23

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Шибаков В.Г., Панкратов Д.Л., Швеев А.И., Валиев А.М. — Прошивка как способ восстановления геометрических характеристик деталей . . . 26

Федотов А.И., Портнягин Е.М., Доморозов А.Н. — Стенд и метод контроля процесса торможения автомобиля с АБС . . . 28

Блянкинштейн И.М., Валиханов М.М., Кашура А.С. — Алгоритм и методика исследования погрешностей измерения геометрических параметров АТС "3D"-системами . . . 31

Тюрин А.Н. — Новый способ углового суперфиниширования шеек коленчатого вала . . . 35

ИНФОРМАЦИЯ

За рубежом

Кравцов Ю.И. — Итоги "утилизационной" программы CARS . . . 37

"**Мир** автобусов 2009" . . . 39

Главный редактор Н. А. ПУГИН

Заместитель главного редактора В. Н. ФИЛИМОНОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. В. Балабин, С. В. Бахмутов, О. И. Гируцкий, В. И. Гладков, М. А. Григорьев, Ю. К. Есеновский-Лашков, А. С. Ковригин, Р. В. Козырев (ответственный секретарь), С. М. Круглов, Ю. А. Купеев, Г. И. Мамити, В. А. Марков, А.В. Николаенко, Э. Н. Никульников, В. И. Пашков, Н. Т. Сорокин, А. И. Титков

Белорусский региональный редакционный совет:

М. С. Высоцкий (председатель), В. Б. Альгин (зам. председателя), А. Н. Егоров, Ан. М. Захарик, Г. М. Кухаренок, П. Л. Мариев, Ю. И. Николаев, И. С. Сазонов, С. В. Харитончик

Корректор Т.В. Пчелкина
Сдано в набор 03.09.2009. Подписано в печать 20.10.2009.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 6,76. Зак. 945.
Отпечатано в ООО "Подольская Периодика"
142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15

ООО "Издательство Машиностроение"
Адрес издательства и редакции:
107076, Москва, Стромынский пер., 4
Телефон (499) 269-54-98, (915) 412-52-56
E-mail: avtoprom@mashin.ru, avtoprom@aport.ru
www.mashin.ru www.avtomash.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.