

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сургутский филиал Федерального государственного бюджетного  
учреждения высшего профессионального образования  
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ  
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН  
И КОМПЛЕКСОВ**

Материалы Первой международной  
научно-практической конференции

*г. Сургут, 18-20 апреля 2012 г.*

Омск  
СибАДИ  
2012

УДК 629.01  
ББК 39.33  
С 56

**С 56 Совершенствование эксплуатационных свойств транспортно-технологических машин и комплексов: материалы Первой международной научно-практической конференции (г. Сургут, 18-20 апреля 2012 г.). – Омск: СибАДИ, 2012. – 164 с.**

ISBN 978-5-93204-639-5

Сборник содержит доклады участников Первой международной научно-практической конференции «Совершенствование эксплуатационных свойств транспортно-технологических машин и комплексов», проведенной Сургутским филиалом ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» 18-20 апреля 2012 г. в городе Сургуте. В материалах конференции представлены результаты научно-исследовательских работ, проведенных участниками конференции. Материалы конференции предназначены для преподавателей, аспирантов, инженерно-технических и научных работников соответствующих областей деятельности.

Точка зрения редакционной коллегии и авторов может не совпадать. Ответственность за достоверность приводимых материалов, результатов исследований, трактовку и прогнозы несут авторы.

*Редакционная коллегия:*

Б.В. Савельев (СибАДИ), А.А. Туполева (СФ СибАДИ)

*Научное издание*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ**

Материалы Первой международной научно-практической конференции  
г. Сургут, 18-20 апреля 2012 г.

Компьютерную верстку выполнил Б.В. Савельев.

Отпечатано в авторской редакции

Подписано к печати 14.09.2012

Формат 60×90 1/16. Бумага писчая № 1

Отпечатано на дупликаторе

Гарнитура Times New Roman

Усл. п.л. 10,25; уч.-изд. л. 7,8

Тираж 100 экз. Заказ № 257

Цена договорная

Отпечатано в подразделении оперативной полиграфии УМУ СибАДИ  
644080, Омск, пр. Мира, 5

ISBN 978-5-93204-639-5

© СФ ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2012

**СОДЕРЖАНИЕ**

<i>Авилов А.И., Гладкая Н.Н., Сирено А.С., Федченко В.В., Красноштан А.М.</i> Интеллектуализированное полисферное транспортное средство.....	5
<i>Артемов Н.П.</i> Оценка динамики сельскохозяйственного агрегата с помощью метода парциальных ускорений.....	10
<i>Артемов Н.П., Лебедев А.Т., Алексеев О.П., Волков В.П., Подригало М.А., Полянский А.С.</i> Метод парциальных ускорений и его применения в теории автомобиля и трактора.....	15
<i>Артемов Н.П., Подригало М.А., Клец Д.М., Абрамов Д.В., Коробко А.И., Назарько О.А., Мостовая А.Н., Тесля В.О.</i> Мобильный регистрационно-измерительный комплекс для проведения динамических испытаний колесных машин.....	19
<i>Безродный В.В.</i> Альтернативное топливо для бензиновых двигателей.....	24
<i>Бекенов Т.Н., Тасыбеков Ж.Т., Жумагалиева Г.С.</i> Уплотняемость грунтового основания дорог с учетом влияния диаметра вальца катка.....	28
<i>Волков В.П.</i> Внедрение вибродиагностики в автосервис.....	33
<i>Гаевский В.В., Подольский М.С.</i> Мобильный комплекс для испытаний мототехники.....	39
<i>Дмитрук И.А., Когут Р.Й., Печеник А.М., Сальников В.Г., Терюк Н.Э.</i> Инновационные технологии энергосбережения, вариативности и искусственного интеллекта в автомобилестроении и автомобильном хозяйстве Украины.....	44
<i>Залознов И.П., Дерман А.Л.</i> Графо-аналитический метод выбора оптимальной модели автомобиля для грузоперевозок.....	47
<i>Иванов А.Л., Журавский Б.В., Кузнецов А.В.</i> Методы экспериментального получения индикаторной диаграммы.....	52
<i>Казакова М.А.</i> Оценка влияния режимов движения транспортного потока на загрязнение окружающей среды.....	57
<i>Кривошапов С.И., Горбик Ю.В.</i> Энергетическая оценка автомобиля по коэффициентам полезного действия агрегатов.....	61
<i>Кристалный С.Р., Попов Н.В., Фомичев В.А.</i> Проблемы взаимодействия шипованных шин с антиблокировочными системами автомобилей.....	65
<i>Лисин В.А., Дерман А.Л.</i> Анализ экологических требований к выбросам вредных веществ автомобильными двигателями.....	70

<i>Мармут И.А., Рабинович Э.Х., Мармут Н.И., Гитова Т.В.</i> Оптимизация конструктивных параметров инерционных роликовых стенов .....	75
<i>Савельев Б.В., Ефанов С.И., Вардаия А.А.</i> Маркировка транспортных средств, перевозящих некоторые опасные грузы.....	80
<i>Савельев Б.В., Сергеев А.А., Ефанов С.И., Шинкаренко А.А.</i> Статистика внесения изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации .....	88
<i>Семченко Н.А.</i> Экспериментальные исследования распределения временных интервалов в транспортном потоке центральной части мегаполисов.....	95
<i>Симмель М.Г.</i> Размещение пешеходных переходов на городских магистралях.....	99
<i>Тимков А.Н., Луцки А.П., Иванов А.С.</i> Математическое моделирование автомобильных процессов в среде SIMSCAPE.....	104
<i>Федотов А.И.</i> Компьютерная диагностика аппаратов пневматического тормозного привода автомобиля в условиях эксплуатации .....	109
<i>Федотов А.И.</i> Математическая модель большегрузного автомобиля для исследования эффективности и управляемости при торможении.....	114
<i>Федотов А.И., Бойко А.В.</i> Эффективность стендовых методов контроля тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации .....	125
<i>Федотов А.И., Доморозов А.Н., Нгуен Ван Ньань.</i> Разработка методики диагностирования технического состояния подвески автотранспортного средства в стендовых условиях .....	134
<i>Федотов А.И., Захаренко А.В.</i> Методика диагностирования и регулировки начального угла опережения впрыска топлива дизеля автомобиля КамАЗ в условиях эксплуатации .....	139
<i>Федотов А.И., Портягин Е.М.</i> Контроль совместного функционирования тормозной и антиблокировочной систем автомобиля при его торможении на роликовом стенде .....	148
<i>Федотов А.И., Степанов А.Н.</i> Применение колесных датчиков угловой скорости ABS при диагностировании тормозных систем автомобилей на стендах с беговыми барабанами .....	158
<i>Широкорад О.А., Фицук Г.</i> Совершенствование транспортной сети в г. Находка .....	162

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННОЕ ПОЛИСФЕРНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО

А.И. Авилов, Н.Н. Гладкая, А.С. Сирено, В.В. Федченко, аспиранты,  
А.М. Красноштан, канд. техн. наук  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
(Украина, г. Харьков)

По ряду причин, применение колёсных и гусеничных транспортных средств является невозможным или нецелесообразным (бездорожье, значительные финансовые затраты, экология, неподходящие тактико-технические характеристики). В то же время требуется расширение сфер применения таких средств и универсализация их предназначения. В связи с этим, ведётся поиск эффективных функционально-конструктивных решений для полисферных машин многоцелевого назначения. Уже создан ряд видов полисферных средств (бимодальные фургон-вагоны, плавающие автобусы, летающие автомобили и др.).

Существующие работы по общей теории механизмов и машин [1, 2], теории универсальных и специализированных моносферных транспортных средств (автомобилей, катеров, судов на воздушной подушке и др. [3, 4]) создают научную базу для проектирования такой техники. Однако они не ориентированы на задачи структурного синтеза, учёт трансформерности и совмещение элементов полимодальных транспортных средств. Это сдерживает процесс создания и применения инновационной техники и новых технологий транспортирования.

Цель работы – рассмотреть вопросы создания полисферных трансформерных типов транспортных средств на примере мотоводоаэроцикла.

Мотоводоаэроцикл – это транспортное средство, объединяющее в себе возможности мотоцикла, катера и аппарата на воздушной подушке. В зависимости от условий, данное транспортное средство может использовать как движитель колёса, гребной винт и воздушную подушку, что значительно расширяет его сферу применения.

Спроектирован, изготовлен и испытан действующий опытный образец одноместного гибридного интеллектуализированного трансформерного полисферного транспортного средства с требуемыми характеристиками.

Созданное транспортное средство (рисунок) предназначено для транспортировки пассажира-водителя и малых грузов на близкие и средние расстояния, прогулочных поездок в зонах отдыха над водной и грунтовой поверхностью, патрулирования спасателями зон отдыха, транспортной и информационной поддержки поисково-спасательных операций, спортивных соревнований.

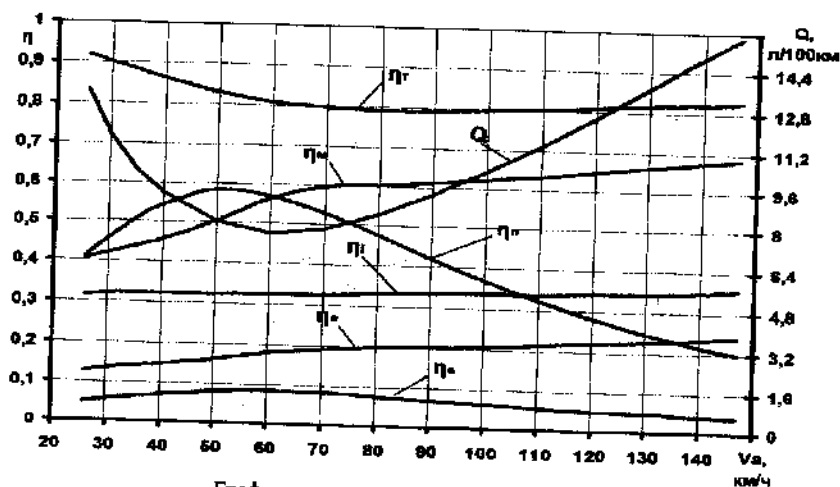


График изменения частных и общего КПД в зависимости от скорости движения автомобиля ГАЗ-31029

- 2) эффективный КПД ( $\eta_e, \eta_{\text{общ}}$ ) с увеличением скорости возрастает от 0,13 до 0,24. Это объясняется тем, что при увеличении скорости резко увеличивается  $\eta_{\text{т}}$  (с 0,4 до 0,68);
- 3) КПД трансмиссии при возрастании скорости снижается с 0,92 до 0,82;
- 4) КПД подвески при возрастании скорости до  $V_a = 60$  км/ч увеличивается от 0,41 до 0,56, а затем резко снижается до 0,20 при максимальной скорости автомобиля.

Данные, приведенные в таблице и на рисунке, являются оригинальными. Они впервые будут опубликованы в технической литературе по теории двигателей и автомобилей.

Полученные аналитические и расчетные данные КПД автомобиля рекомендуется использовать в процессе оценки состояния агрегатов автомобиля в дорожных и стендовых испытаниях.

#### Библиографический список

1. Говоруценко Н.Я. Системотехника транспорта. / Н.Я. Говоруценко, А.Н. Туренко. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
2. Говоруценко Н.Я. Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД) / Н.Я. Говоруценко, С.И. Кривошапов // Автомобильный транспорт: Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – № 15.
3. Говоруценко Н.Я. Методы системного расчетно-аналитического и стендового диагностирования легковых автомобилей / Н.Я. Говоруценко, Ю.В. Горбик // Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – № 25. – С. 58-61.

## ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ШИПОВАННЫХ ШИН С АНТИБЛОКИРОВОЧНЫМИ СИСТЕМАМИ АВТОМОБИЛЕЙ

С.Р. Кристальный, доцент; Н.В. Попов, инженер; В.А. Фомичев, студент ФБГОУ ВПО "МАДИ" (Россия, г. Москва)

Широкий диапазон климатических условий в Российской Федерации приводит к необходимости эксплуатации автомобильного транспорта в различных погодных и дорожных условиях. Зимой почти на всей территории страны устанавливается устойчивый снежный покров. Ошиповка протектора шины увеличивает сцепление колес автомобиля на скользких и обледенелых дорожных поверхностях, на 40...50% сокращает тормозной путь, значительно повышает безопасность криволинейного движения и сопротивляется заносу.

Большим шагом в развитии активной безопасности автомобиля стало внедрение в конструкцию тормозного управления антиблокировочных систем (АБС). Принцип действия любой АБС заключается в поддержании узкого диапазона относительного скольжения ( $S$ ) затормаживаемых колес, при котором обеспечивается высокое значение продольного коэффициента сцепления ( $\varphi_x$ ) колес с дорожным покрытием. Благодаря этому также гарантируется достаточный запас боковой устойчивости, так как коэффициент сцепления в поперечном направлении ( $\varphi_y$ ) в этом диапазоне имеет достаточную величину.

Зависимости продольного  $\varphi_x$  и поперечного  $\varphi_y$  коэффициентов сцепления от относительного скольжения  $S$  иллюстрируются так называемой  $\varphi(S)$  диаграммой. Типичные  $\varphi(S)$  диаграммы для дорожных шин в наиболее распространенных условиях движения представлены на рис. 1.

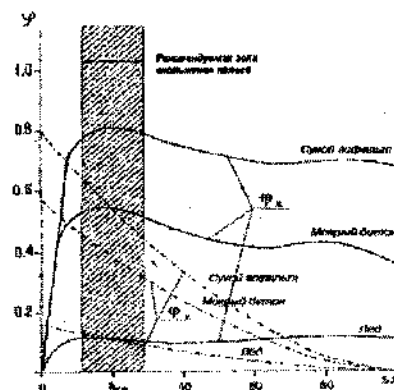


Рис. 1. Диаграммы  $\varphi(S)$  в тормозном режиме продольного (сплошные линии) и поперечного (штрих-пунктир) коэффициентов сцепления для различных дорожных условий

Под величиной относительного скольжения  $S$  понимается:  $S = (V - \omega r) / V$ , где  $V$  — линейная скорость автомобиля;  $\omega$  — угловая скорость затормаживаемого колеса;  $r$  — динамический радиус колеса.

Максимуму продольного коэффициента сцепления на диаграмме  $\varphi_x(S)$  соответствует относительное скольжение  $S_{\text{сп}}$ , а заштрихованная область вокруг  $S_{\text{сп}}$  составляет диапазон оптимальных скольжений (рис. 1).

В настоящее время развитие АБС достигло высокого уровня по функциональным качествам и надёжности. Это способствует тому, что внедрение АБС в конструкцию автомобилей получает широкий размах. Практически все ведущие изготовители легковых автомобилей устанавливают АБС серийно или в качестве опции.

При торможении автомобиля с АБС на деформируемых опорных поверхностях (песок, снег, гравий) тормозной путь, оказывается, как правило, больше, чем у автомобиля без АБС. Однако при этом присутствует риск потери устойчивости и разворота транспортного средства. При этом автомобиль практически не реагирует на поворот рулевого колеса, то есть имеет место явление полной потери управляемости при экстренном торможении.

Специальные зимние шины (в том числе шипованные) находят применение в основном на легковых и легких грузовых автомобилях (транспортные средства категорий  $M_1$  и  $N_1$ ). Автотранспортные средства других категорий, эксплуатируемые на территории Российской Федерации, по экономическим соображениям зимними, а тем более шипованными шинами оснащаются крайне редко.

Типичный вид диаграмм  $\varphi_x(S)$  для дорожных летних, зимних и зимних шипованных шин, очевидно, имеет определённые отличия. На рис. 2 представлен предполагаемый вид  $\varphi_x(S)$  диаграмм для дорожных летних шин, зимних нешипованных шин и зимних шипованных шин в различных условиях.

В случае дорожных летних шин (а) диаграмма  $\varphi_x(S)$  имеет максимум коэффициента сцепления при движении автомобиля на деформируемом покрытии (снег) при полной блокировке колеса ( $S = 100\%$ ). При торможении на недеформируемом покрытии (асфальтобетон) максимальный коэффициент сцепления в продольном направлении достигается при проскальзывании  $S$  от 10 до 30%. Как уже отмечалось выше, именно в этой зоне и располагается реализуемый АБС диапазон регулирования скольжения.

Диаграмма  $\varphi_x(S)$  зимней нешипованной шины (б) имеет особенности. Максимум коэффициента сцепления на недеформируемых покрытиях смещен в сторону больших относительных скольжений, так как состав резины протектора зимней шины более мягкий по сравнению с летней дорожной шиной. Рисунок протектора зимней шины обеспечивает увеличение коэффициента сцепления на деформируемом покрытии (снег).

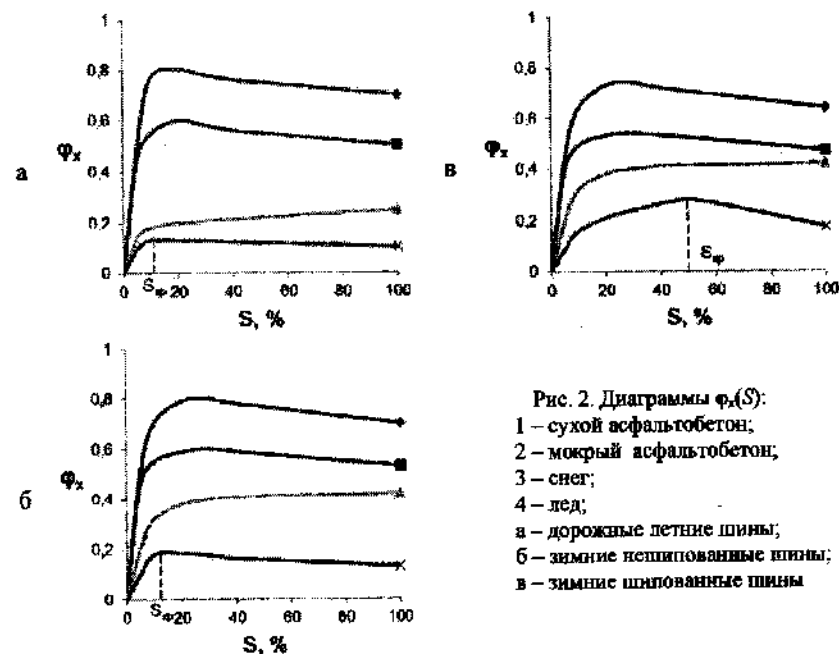


Рис. 2. Диаграммы  $\varphi_x(S)$ :  
1 — сухой асфальтобетон;  
2 — мокрый асфальтобетон;  
3 — снег;  
4 — лёд;  
а — дорожные летние шины;  
б — зимние нешипованные шины;  
в — зимние шипованные шины

Применение шипов противоскольжения приведет к уменьшению величины максимального коэффициента сцепления приблизительно на 5-10% на сухом и мокром асфальтобетоне (рис. 2, в). Относительное скольжение  $S_{\text{сп}}$  при котором реализуется наибольший коэффициент сцепления в продольном направлении  $\varphi_{x \text{ макс}}$  в этих условиях примерно соответствует критическому скольжению для зимней нешипованной шины. На снежном покрытии вид диаграммы  $\varphi_x(S)$  шипованных шин существенно не отличается от вида соответствующей диаграммы для зимних нешипованных шин.

Можно сделать предположение, что характер диаграммы  $\varphi_x(S)$  при движении по льду на шипованных шинах будет в значительной степени отличаться от характера диаграммы  $\varphi_x(S)$  при движении на нешипованных. Предположительно, это связано с тем, что для шины лёд является твёрдым покрытием, а для шипов противоскольжения деформируемым. Следовательно, точка максимума коэффициента сцепления в продольном направлении должна сместиться в сторону больших скольжений. При этом коэффициент сцепления в поперечном направлении останется достаточно велик, что будет способствовать сохранению устойчивости и управляемости при торможении.

Анализ вида диаграмм  $\phi_x(S)$  различных типов шин в различных условиях движения позволяет выдвинуть предположение, что если АБС постоянно будет поддерживать определенное относительное скольжение тормозного колеса (соответствующее, например, максимуму диаграммы  $\phi_x(S)$  дорожной шины на сухом или мокром асфальтобетоне), то это отрицательно скажется на величине тормозного пути автомобиля с другими шинами на заснеженных и, особенно, обледенелых дорогах. Это объясняется тем, что максимум коэффициента сцепления для различных дорожных условий и шин не соответствует какой-то постоянной величине оптимального относительного скольжения. Наибольшее смещение точки оптимального относительного скольжения наблюдается на диаграмме  $\phi_x(S)$  шипованной шины на льду.

Следует заметить, что представленные на рис. 2 диаграммы являются предполагаемыми, построенными из общих соображений. Реальные  $\phi_x(S)$  диаграммы для зимних, в том числе шипованных, шин ранее не определялись.

Доказательством существенного влияния значения  $S_{кр}$  на эффективность действия АБС и рабочей тормозной системы в целом является графики зависимости тормозного пути автомобиля от величины относительного скольжения колеса (рис. 3). Тормозной путь рассчитывался при торможении автомобиля на льду на летних, зимних и зимних шипованных шинах. Начальная скорость торможения была выбрана 120 км/ч согласно методике испытаний эффективности действия АБС в соответствии с Приложением 13 Правил ЕЭК ООН № 13-09.

Минимальный тормозной путь для дорожной шины  $L_d$  будет соответствовать оптимальному относительному скольжению дорожной шины  $S_{крд}$ .

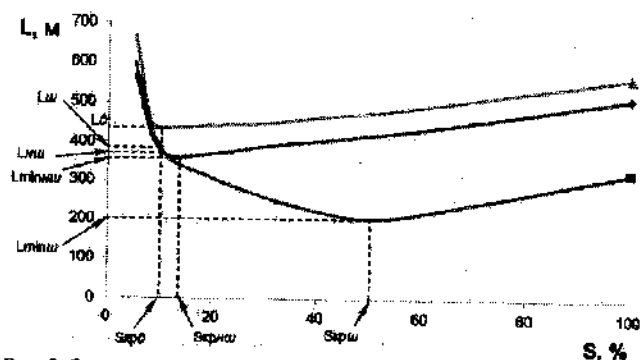


Рис. 3. Зависимость тормозного пути от относительного скольжения (состояние дорожного покрытия — лёд, начальная скорость торможения 120 км/ч):

- 1 — дорожные летние шины;
- 2 — зимние нешипованные шины;
- 3 — зимние шипованные шины

По графику (рис. 3) хорошо видно, что если с помощью АБС будет поддерживаться оптимальное скольжение для дорожной шины ( $S_{крд}$ ), то при установке зимних нешипованных и зимних шипованных шин тормозной путь автомобиля ( $L_{нш}$  и  $L_{ш}$  соответственно) будет больше, чем возможен при поддержании оптимального скольжения для этих шин.

Опираясь на данные расчёты, можно утверждать, что и реальный тормозной путь автомобиля, оснащённого АБС и шипованными зимними шинами, будет значительно больше минимально возможного по условиям сцепления. Более того, даже теоретически рассчитанный тормозной путь при идеальной работе АБС оказывается больше тормозного пути, проходимого автомобилем при полной блокировке колёс.

Степень использования сцепления между колесом и опорной поверхностью характеризуется коэффициентом реализации сцепления  $\epsilon$ . В приложении 13 к Правилам ЕЭК ООН № 13-09 приведены методики расчетно-экспериментального определения коэффициента  $\epsilon$ , который представляет собой отношение удельной тормозной силы, реально достигнутой в ходе испытания, к максимально возможной. Правилами ЕЭК ООН № 13-09 нормируется соблюдение условия  $\epsilon \geq 0,75$  для транспортных средств в грузном и порожнем состоянии. Особенно сильное «недотормаживание» в результате действия алгоритма управления АБС характерно при использовании шипованных шин на льду (рис. 3). Так минимальный тормозной путь при использовании шипованных шин составит около 200 м. А тормозной путь при использовании шипованных шин, полученный при поддержании критического скольжения летних шин, составит около 385 м.

Даже при работе «идеальной» АБС, коэффициент реализации сцепления  $\epsilon$ , подсчитанный упрощенно по отношению минимально возможного тормозного пути, проходимого автомобилем на льду при использовании шипованных шин, к тормозному пути, полученному также при использовании шипованных шин, при реализации критического скольжения летней шины согласно рис. 3 составит  $\epsilon = 200/385 = 0,52$ . Это значение подсчитано без учёта реальных особенностей алгоритма управления АБС, как бы для идеальной АБС, точно поддерживающей заданное скольжение колёс. Даже в этом случае коэффициент реализации сцепления  $\epsilon$  оказывается значительно ниже требуемых Правилами 0,75. Можно предположить, что действительный коэффициент реализации сцепления, полученный в результате реальных испытаний эффективности действия АБС, будет ещё ниже.

Дорожные испытания взаимодействия АБС с зимними шипованными шинами никогда не проводились.

Актуальность описанной проблемы эффективности действия АБС при оснащении автомобиля шипованными шинами подтверждают собран-

ные нами статистические данные об использовании различных шин на легковых автомобилях в городе Москве. В период с декабря 2011 г. по январь 2012 был проведен осмотр 448 случайно выбранных легковых автомобилей на парковках возле административных зданий и крупных торговых центров г. Москвы. На 18 автомобилях были установлены дорожные летние или всесезонные шины, на 170 автомобилях – зимние нешипованные шины и на 260 автомобилях – зимние шипованные шины.

В результате проведенных наблюдений установлено, что 58 % современных легковых автомобилей в г. Москве эксплуатируются в зимний период времени с шипованными шинами. С большой долей вероятности эти результаты можно распространить на Московскую область и другие регионы средней полосы Российской Федерации.

Для проверки предложенной нами гипотезы о существенной зависимости эффективности действия АБС от конструкции шины и, в частности, от её ошиповки, необходимо провести испытания АБС на транспортных средствах, оснащённых шинами с ошипованным рисунком протектора.

Если на основании проведенных испытаний подтвердятся вышеизложенные предположения о необходимости корректировки работы АБС с шипованными шинами, то целесообразно будет внести изменения в систему сертификации автотранспортных средств, выпускаемых в обращение на территории Российской Федерации.

УДК 621.43

### АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ВЫБРОСАМ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

В.А. Лисин, канд. техн. наук; А.Л. Дерман, старший преподаватель.  
ФГБОУ ВПО "СибАДИ" (Россия, г. Омск);  
Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева  
(Казахстан, г. Петропавловск)

В процессе эксплуатации автомобильные двигатели выбрасывают в атмосферу множество веществ, отрицательно воздействующих на состояние атмосферы, организм человека, животный и растительный мир и на окружающие сооружения и машины. Источниками вредных выбросов двигателя являются отработавшие газы, картерные газы, испарения из системы питания, утечки топлива, масла и других эксплуатационных жидкостей.

Все выбрасываемые двигателем вредные вещества можно разделить на три группы:

1) экологически нейтральные, не нарушающие физические свойства атмосферы;

2) неядовитые, экологически активные, оказывающие воздействие на физические свойства атмосферы;

3) ядовитые (токсичные) вещества, отрицательно влияющие на организм человека, животный и растительный мир.

Как правило, токсичные вещества в силу своей химической активности отрицательно влияют и на окружающие нас предметы и сооружения. Само сгорание топливовоздушной смеси уже нарушает экологический баланс атмосферы, так как для сжигания 1 кг моторного топлива требуется около 15 кг воздуха или 3 кг кислорода. В настоящее время в мире расходуется более 1 млрд. т моторного топлива в год для двигателей транспортных средств, значит, ежегодно только автомобильные двигатели расходуют порядка 3 млрд. т атмосферного кислорода. К этому следует прибавить работу тепловых станций, других теплоэнергетических установок, технологические процессы, связанные с расходом кислорода. Восстановитель кислорода – зеленый покров планеты – уже не справляется с задачей поддержания кислородного равновесия, тем более что площадь лесов в результате хозяйственной деятельности человека постоянно сокращается.

Нормирование выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами двигателей можно разделить на косвенное (через предельное содержание компонентов в топливе) и непосредственное (определение значений содержания вредных веществ в отработавших газах).

Косвенно нормируются выбросы соединений серы и свинца, кроме того, состав топлива влияет на выбросы углеводородов и твердых частиц.

Выбросы оксида серы напрямую связаны с содержанием серы в топливах. Требования к содержанию серы в топливе приведены в таблице 1.

Наибольшим уровнем токсичности, сравнимым с токсичностью всех остальных полиароматических углеводородов, отличается бензпирен, адсорбируемый в виде твердых иглообразных образований на поверхности сажи. Этот продукт, образующийся в результате сгорания топливовоздушной смеси при температуре 800-900 °С. На переменных режимах – при разгонах и замедлениях – количество выбрасываемого бензпирена повышается примерно в 10 раз, и еще в 10 раз – при запуске холодного двигателя.

Таблица 1

Допустимые пределы содержания серы в топливах

Вид топлива	Допустимое содержание серы, %, установленное законодательством	
	Российской Федерации	штата Калифорния США
Дизельное	0,2-0,5	0,05
Бензин	0,01-0,12	0,003