

УДК 629.3.02-59

ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АНТИБЛОКИРОВОЧНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ, ОСНАЩЕННЫХ ШИПОВАННЫМИ ШИНАМИ

С.Р. Кристальный, к.т.н, доц. / Н.В. Попов / В.А. Фомичев
ГТУ «МАДИ»

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. Часто встречающиеся колебания температуры воздуха около нулевой отметки создают условия для возникновения гололедицы. Бесперебойное движение транспортного потока в таких условиях во многом зависит от активной безопасности автомобилей. Активная безопасность — это свойство автомобилей предотвращать дорожно-транспортные происшествия [4].

Одной из популярных и доступных мер по увеличению проходимости и активной безопасности легкового автомобиля является применение различных средств противоскольжения. Наибольшее распространение получили шипованные шины, цепи и ремни противоскольжения, характерный внешний вид которых представлен на рис. 1.

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 сопротивления заносу [4]. Цепи и ремни противоскольжения при-

меняют в основном для повышения проходимости автомобиля при его движении по деформируемому грунту. Цепи и ремни противоскольжения выполняют роль дополнительных грунтозацепов, которые недостаточно усовершенствованы на протекторах шин, предназначенных в основном для движения по твердым покрытиям. Цепи и ремни противоскольжения обычно применяются при невысокой скорости движения.

Большим достижением 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 (φ_x) колес с дорожным покрытием. Благодаря этому также гарантируется достаточный запас боковой устойчивости, так как коэффициент сцепления в поперечном направлении (φ_y) в этом диапазоне имеет достаточную величину [12].

Зависимости продольного φ_x и поперечного φ_y коэффициентов сцепления от относительного скольжения S иллюстрируются так называемой $\varphi - S$ диаграммой. Типичные $\varphi - S$ диаграммы для дорожных



Рисунок 1. Средства противоскольжения:
а — шипованная шина; б — цепи противоскольжения; в — ремни противоскольжения

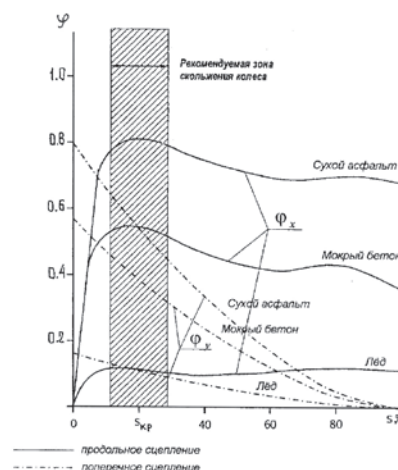


Рисунок 2.
Диаграммы $\varphi - S$
в тормозном режиме
для различных до-
рожных условий

шин в наиболее распространённых условиях движения представлены на рис. 2 [12].

Под величиной относительного скольжения S понимается:

$$S = (V - \omega \cdot r) / V, \quad (1)$$

где V — линейная скорость автомобиля; ω — угловая скорость затормаживаемого колеса; r — динамический радиус колеса [1].

Максимуму продольного коэффициента сцепления на диаграмме $\varphi - S$ соответствует относительное скольжение $S_{кр}$, а заштрихованная область вокруг $S_{кр}$ составляет диапазон оптимальных скольжений (см. рис. 2).

В результате внедрения АБС автомобиль приобрёл ряд неоспоримых достоинств. Наличие АБС в конструкции транспортного средства создает предпосылки для уменьшения тормозного пути на большинстве твёрдых дорожных покрытий. Однако наиболее важным значением применения АБС является сохранение устойчивости и возможности совершения манёвра при экстренном торможении. АБС также способствует увеличению ресурса шин, особенно ярко выраженному на многоосных автомобилях и автопоездах.

Первые серийные образцы АБС начали устанавливать на легковых автомобилях в 1969 г. [2]. В настоящее время развитие АБС достигло высокого уровня по функциональным качествам и надёжности. Это способствует тому, что внедрение АБС в конструкцию автомобилей получает широкий диапазон применения. Установка АБС является обязательной на грузовых автомобилях с полной массой более 3,5 т (категорий $N2, N3$) согласно Приложению № 1 к Техническому регламенту о безопасности колесных транспортных средств (ТРОБКТС), прицепов и полуприцепов полной массой более 3,5 т (категорий $O3, O4$) согласно Приложению № 1 к ТРОБКТС и автобусов (категорий $M2, M3$) согласно Приложению № 1 к ТРОБКТС [11].

В настоящее время применение АБС на легковых автомобилях не является обязательным. Однако практически все ведущие изготовители легковых автомобилей устанавливают АБС серийно или в качестве опции. Можно также предполагать, что в дальнейшем установка АБС на легковых автомобилях будет регламентирована в законодательном порядке.

Несмотря на то, что АБС предотвращает блокировку колёс и позволяет сохранить контроль над курсовой устойчивостью, она не гарантирует существенного уменьшения тормозного пути.

При торможении автомобиля с АБС на деформируемых опорных поверхностях (песок, снег, гравий)

тормозной путь, оказывается, как правило, больше, чем у автомобиля без АБС. Это объясняется тем, что заблокированные колёса «нагреваются» перед собой горку и замедление автомобиля происходит более интенсивно. Однако при этом присутствует риск потери устойчивости и разворота транспортного средства, «складывания» автопоезда. При этом автомобиль практически не реагирует на поворот рулевого колеса, т. е. имеет место явление полной потери управляемости при экстренном торможении.

При торможении автомобиля с АБС на покрытии типа «микст» (дорога с различным сцеплением под колесами левого и правого борта) тормозной путь также может увеличиться. Это связано с тем, что для сохранения устойчивости автомобиля в алгоритме работы АБС заложено уменьшение тормозного момента, подводимого к колёсам, имеющим лучшее сцепление с дорогой. Однако при этом автомобиль без АБС будет намного труднее удержать от разворота на покрытии типа «микст».

Цепи и ремни противоскольжения применяются при невысоких скоростях движения транспортных средств, а потому существенного влияния на тормозные свойства не оказывают. Специальные зимние шины (в том числе шипованные) используются в основном на легковых и легких грузовых автомобилях (категорий $M1$ и $N1$) согласно Приложению № 1 к ТРОБКТС. Автотранспортные средства других категорий, эксплуатируемые на территории Российской Федерации, с точки зрения экономии зимними, а тем более шипованными шинами, оснащаются крайне редко. Следовательно, взаимодействие АБС со средствами противоскольжения имеет смысл рассматривать только для автомобилей категорий $M1$ и $N1$, оснащённых шипованными шинами.

Типичный вид $\varphi_x - S$ диаграмм для дорожных летних, зимних и зимних шипованных шин, очевидно, имеет определённые отличия. На рис. 3, 4, 5 представлен предполагаемый вид $\varphi_x - S$ диаграмм для дорожных летних шин, зимних нешипованных шин

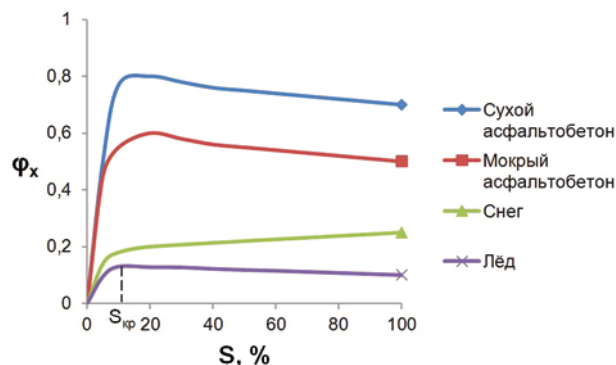


Рисунок 3. Диаграммы $\varphi_x - S$ для дорожных летних шин

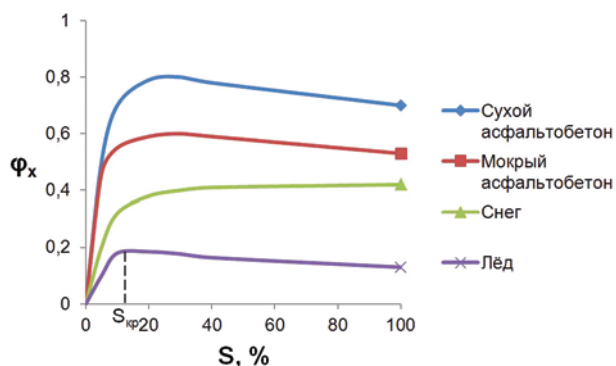


Рисунок 4. Диаграммы $\varphi_x - S$ для зимних нешипованных шин

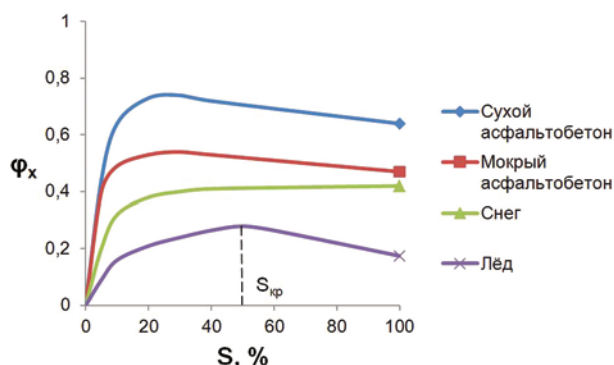


Рисунок 5. Диаграммы $\varphi - S$ для зимних шипованных шин

и зимних шипованных шин в различных дорожных условиях.

Из анализа $\varphi_x - S$ диаграмм для дорожных летних шин следует, что максимум коэффициента сцепления при движении автомобиля на деформируемом покрытии (снег) достигается при 100% блокировке колеса. При торможении на недеформируемом покрытии (асфальтобетон) максимальный коэффициент сцепления в продольном направлении достигается при значениях коэффициента скольжения от 10 до 30% [12]. Как отмечалось ранее, именно в этой зоне и располагается реализуемый АБС диапазон регулирования скольжения.

Диаграмма $\varphi_x - S$ для зимней нешипованной шины (см. рис. 4) будет иметь определенные особенности. Максимум коэффициента сцепления на недеформируемых покрытиях сместится 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).

Применение шипов противоскольжения приведет к уменьшению величины максимального коэффициента сцепления приблизительно на 5-10 % на сухом и мокром асфальтобетоне (см. рис. 5) [6]. Относительное скольжение $S_{кр}$, при

котором реализуется наибольший коэффициент сцепления в продольном направлении $\varphi_{x \max}$, в этих условиях примерно соответствует критическому скольжению для зимней нешипованной шины. На снежном покрытии вид $\varphi_x - S$ диаграммы шипованных шин существенно не отличается от вида соответствующей диаграммы для зимних нешипованных шин.

Можно предположить, что характер $\varphi_x - S$ диаграммы при движении по льду на шипованных шинах будет в значительной степени отличаться от характера $\varphi_x - S$ диаграммы при движении на нешипованных. Возможно, 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 максимальным, что будет способствовать сохранению устойчивости и управляемости при торможении.

Анализ вида $\varphi_x - S$ диаграмм различных типов шин в различных условиях движения позволяет предположить, что если АБС постоянно будет поддерживать определенное относительное скольжение тормозящего колеса (соответствующее, например, максимуму $\varphi_x - S$ диаграммы 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 $\varphi_x - S$ диаграмме шипованной шины на льду.

Следует заметить, что представленные на рис. 4 и рис. 5 диаграммы являются предполагаемыми, построенными из общих соображений. Реальные $\varphi_x - S$ диаграммы для зимних, в том числе шипованных, шин ранее не определялись, или, по крайней мере, сведения о таких исследованиях отсутствуют в открытых публикациях.

Доказательством существенного влияния значения $S_{кр}$ на эффективность действия АБС и рабочей тормозной системы в целом является график зависимости тормозного пути автомобиля от величины относительного скольжения колеса (рис. 6). 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.

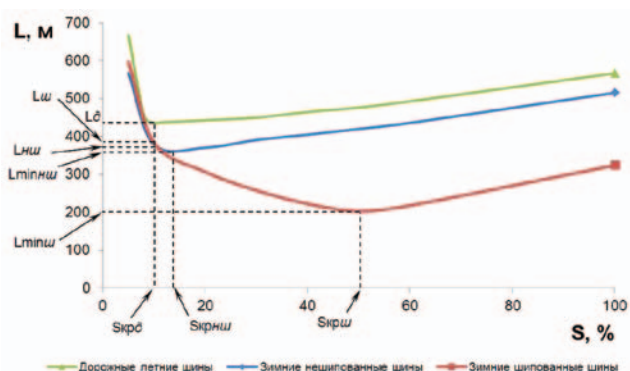


Рисунок 6. Зависимость тормозного пути от относительного скольжения (состояние дорожного покрытия — лёд, начальная скорость торможения 120 км/ч)

Минимальный тормозной путь для дорожной шины L_0 будет соответствовать оптимальному относительному скольжению дорожной шины $S_{крд}$. На графике 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 ($L_{ни}$ и $L_{ш}$ соответственно) будет больше, чем возможен при поддержании оптимального скольжения для указанных 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, проходимогo автомобилем при полной блокировке колёс.

Степень использования сцепления между колесом и опорной поверхностью характеризуется коэффициентом реализации сцепления ϵ . В приложении 13 к Правилам ЕЭК ООН № 13-09 приведены методики расчетно-экспериментального определения коэффициента ϵ , который представляет собой отношение удельной тормозной силы, реально достигнутой в ходе испытания, к максимально возможной [12]. Правилами ЕЭК ООН № 13-09 нормируется соблюдение условия $\epsilon \geq 0,75$ для транспортных средств в грузеном и порожнем состояниях. Особенно сильное «недотормаживание» в результате действия алгоритма управления АБС характерно при использовании шипованных шин на льду (см. рис. 6). 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.

Таблица 1. Типы шин легковых автомобилей (декабрь 2011 г. — январь 2012 г., г. Москва)

Типы шин	Количество автомобилей	Доля автомобилей от общего числа, %
Дорожные летние или всесезонные	18	4
Зимние нешипованные	170	38
Зимние шипованные	260	58
Всего	448	100

Даже при работе «идеальной» АБС, коэффициент реализации сцепления ϵ , подсчитанный упрощенно по отношению минимально возможного тормозного пути, проходимогo автомобилем на льду при использовании шипованных шин, к тормозному пути, полученному также при использовании шипованных шин, при реализации критического скольжения летней шины согласно рис. 6 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 ϵ оказывается значительно ниже значений, 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, или, по крайней мере, информация о таких испытаниях отсутствует в открытых публикациях.

Актуальность анализируемой проблемы эффективности действия АБС при оснащении автомобиля шипованными шинами подтверждает собранные нами статистические данные об использовании различных шин на легковых автомобилях в г. Москве. В период с декабря 2011 г. по январь 2012 г. был проведён осмотр 448 случайно выбранных легковых автомобилей на парковках возле административных зданий и крупных торговых центров. На 18 автомобилях были установлены дорожные летние или всесезонные шины, на 170 автомобилях — зимние нешипованные шины и на 270 автомобилях — зимние шипованные шины. Результаты данного статистического исследования представлены в табл. 1.

Рис. 7 наглядно отражает тот факт, что большинство легковых автомобилей г. Москвы в холодный период года оснащаются шипованными шинами.

В результате проведенных наблюдений документально установлено, что 58 % современных легковых автомобилей эксплуатируются в зимний период времени с шипованными шинами. С большой долей вероятности эти результаты можно распространить



Рисунок 7. Оснащение легковых автомобилей шинами с различным типом рисунка протектора



Рисунок 8. Испытательный участок с увлажняемым базальтовым покрытием



Рисунок 9. Синтетический лёд

на Московскую область и другие регионы средней полосы Российской Федерации.

Анализ статистики подтверждает, что вопрос об эффективности действия АБС с шипованными шинами является очень важным.

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 автотранспортных средствах, оснащённых шинами с ошипованным рисунком протектора.

В настоящее время тормозные системы автомобилей категорий *N1* и *M1* в соответствии с При-

ложением № 2 ТРoБКТС проверяются по Правилам ЕЭК ООН № 13-09 (включая дополнения 1-12). Испытания оборудованного дорожными шинами автомобиля с АБС проводятся на дорогах с низким ($\varphi \leq 0,3$) и высоким ($\varphi \approx 0,8$) сцеплением. В качестве покрытия для дороги с низким сцеплением находит применение мокрый базальт (рис. 8), коэффициент сцепления на котором соответствует коэффициенту сцепления на льду.

Но такое покрытие невозможно использовать для испытаний шипованных шин. Для решения данной проблемы мы рекомендуем обратить внимание на покрытие, максимально приближенное к настоящему льду — синтетический лёд (рис. 9).

Синтетический лёд — это современный материал, который является качественным имитатором настоящего льда. Он используется круглый год для оборудования открытых и закрытых катков в развлекательных центрах. Указанный лёд представляет собой твердую монолитную панель светло-серого или белого цвета, изготовленную из твердых полиолефиновых материалов, представленных в форме отдельных панелей [14]. Панели соединяются между собой и образуют скользящую поверхность желаемых формы и размера. Для создания скользящей поверхности могут быть использованы обе стороны панелей. Температурный диапазон, при котором эксплуатируется синтетический лёд, составляет от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Синтетический лёд не токсичен и пригоден к переработке на вторичное сырье. Коэффициент сцепления шин с таким покрытием аналогичен коэффициенту сцепления на реальном льду и составляет порядка $0,18 \div 0,24$. Синтетический лёд позволяет работать шипам противоскольжения аналогично тому, как они работают на реальном льду. Это даст возможность испытывать АБС на автомобиле с шипованными шинами круглый год на покрытии, характеристики которого являются схожими с характеристиками натурального льда. При использовании синтетического льда методика испытаний эффективности действия АБС должна остаться прежней, согласно Правилам ЕЭК ООН № 13-09.

Целесообразно будет внести изменения в систему сертификации автотранспортных средств, выпускаемых в обращение на территории Российской Федерации, если на основании проведенных испытаний подтвердятся вышеизложенные предположения о необходимости корректировки работы АБС с шипованными шинами. В ТРoБКТС должна быть учтена необходимость испытаний оборудованных АБС транспортных средств категорий *M1* и *N1* по Правилам ЕЭК ООН № 13-09 для возможности оснащения их шипованными шинами. При этом, мы предлагаем вынести на широкое обсуждение во-

прос о необходимости указывать в Одобрении типа транспортного средства категорий М1, N1 хотя бы одну зимнюю шину (не обязательно шипованную). Это должно привести к необходимости подтверждения в процессе сертификационных испытаний эффективности действия АБС с заявленной зимней шиной. В случае, если производители автомобилей сочтут необходимым предусмотреть возможность использования шипованных шин, то такие шины также должны указываться в Одобрении типа транспортного средства. Эффективность действия АБС с шипованными шинами должна быть подтверждена сертификационными испытаниями. Регламентация данных испытаний позволит собрать статистику по взаимодействию АБС различных автомобилей с шипованными шинами разнообразных марок для более глубокого исследования этого вопроса в дальнейшем. Подобные исследования возможно выявят необходимость корректировки алгоритма работы АБС и приспособления этого алгоритма для работы АБС с шипованными шинами.

ВЫВОДЫ

Анализируется предположение о существенном изменении критического скольжения при ошиповке шины. Реальные $\varphi - S$ диаграммы для шипованных шин никогда не определялись, или, по крайней мере, сведения о подобных испытаниях отсутствуют в открытых публикациях.

В связи с изменением критического скольжения при ошиповке шины эффективность действия АБС может существенно ухудшаться. Предлагается провести испытания эффективности действия АБС на автомобилях, оснащенных шипованными шинами. При подтверждении существенного снижения эффективности действия АБС при ошиповке шин необходимо принять меры по совершенствованию алгоритма управления АБС.

Предлагается внести изменения в систему сертификации автомобилей категорий М1, N1 и обязать производителей указывать в Одобрении типа транспортного средства хотя бы одну шину для эксплуатации в зимних условиях (не обязательно шипованную).

В случае, если на автомобиле предполагается использование шипованных шин, эффективность действия АБС должна проверяться в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 13-09.

При испытаниях эффективности действия АБС на автомобилях, оснащенных шипованными шинами, согласно Правилам ЕЭК ООН № 13-09 в качестве покрытия с низким коэффициентом сцепления может использоваться синтетический лёд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Фрумкин А.К., Алышев И.И., Попов А.И. Антиблокировочные и противобуксовочные системы легковых автомобилей. М.: ЦНИИТ ЭИАВТОПРОМ, 1989. 52 с.
2. Фрумкин А.К., Алышев И.И., Попов А.И. Современные антиблокировочные и противобуксовочные системы грузовых автомобилей, автобусов и прицепов. М.: ЦНИИТ ЭИАВТОПРОМ, 1990. 57 с.
3. Правила ЕЭК ООН № 13-09 Едиобразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения: — М.: Госстандарт России.
4. Вахламов В.К. Автомобиль. Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 528 с.
5. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль. Анализ конструкций и элементы расчёта. учебник для вузов.: — М.: Машиностроение, 1989, 304 с.
6. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В., Осипов В.И., Попов А.И. Основы конструкции автомобиля. — М.: ООО «Книжное издательство «За рулём», 2005. 336 с.
7. Илларионов В.А., Морин М.М., Сергеев Н.М. и др. Теория и конструкция автомобиля. М.: Машиностроение. 1985. 368 с.
8. Фрумкин А.К. Регуляторы тормозных сил и антиблокировочные системы. М.: МАДИ. 1981. 58 с.
9. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. — М.: Машиностроение, 1971. 416 с.
10. Нефедьев Я.Н. Комплексная система активной безопасности АТС // Автомобильная промышленность, 2004. № 2. С. 12-14
11. Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» (утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 г. № 720) (с изменениями от 10 сентября 2010 г.) — 235 с.
12. Ютт В.Е., Резник А.М., Морозов В.В., Попов А.И. Эксплуатация антиблокировочных систем легкового автомобиля: Учебное пособие /ГТУ МАДИ. — М.: 2003. 225 с.
13. Вахламов В. К. Автомобиль: Эксплуатационные свойства: учебник для студ. высш. учеб. заведений: 4-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 240 с.
14. Интернет-ресурс <http://www.katki.net/vink6.html>.