

Условие сцепления пневматических шин при движении автотранспортных средств по твёрдым и скользким поверхностям

*Ю.Г. Горшков, д.т.н., профессор, А.А. Калугин, к.т.н.,
С.А. Барышников, к.т.н., ФГБОУ ВПО Челябинская ГАА*

Автомобильные дороги предназначены для движения автотранспортных средств (АТС) с относительно высокими скоростями по отношению к прочим видам дорог: грунтовые, булыжные, полевые, гравийные, песчаные и др.

Известно, что высокие скорости движения транспортных средств на автомобильных дорогах дают возможность увеличить интенсивность движения, производительность машин и сократить время поездки.

Однако эти высокие показатели в большой степени зависят от величины сцепных качеств указанных дорог, которые могут значительно изме-

няться в зависимости от погодных условий, температуры окружающего воздуха, скорости движения, конструкции колёс и давления воздуха в шинах, рисунка протектора, профиля дороги, времени её эксплуатации и др. Сохранить определённые пределы указанных величин сцепных качеств автомобильных шин с дорожным покрытием представляется возможным лишь на этапе небольшого срока сданной в эксплуатацию дороги (рис. 1). При этом должны сохраняться постоянные величины: сухая погода, скорость движения, давление в шинах, нагрузка на колёса и др.

Ввиду того что сцепные качества шины с дорогой значительно изменяются, следует это изменение обозначать информативным материалом для водителей АТС (радио, телевидение, аншлаги, электронные табло, дорожная разметка, знаки и др.). Встречая информативный материал о снижении сцепных качеств дороги на указанных участках, водители АТС заблаговременно принимают меры предосторожности. Прежде всего это относится к снижению скоростных режимов АТС, так как высокие скорости движения являются прямым следствием частоты и тяжести ДТП [1–4].

Материалы и методы исследования. Сцепные качества дорог с пневматической шиной оцениваются коэффициентом сцепления φ . Этот коэффициент может меняться от 0,8 (стандартная шероховатость дороги, сухая поверхность, определённая скорость движения АТС, нормальное давление воздуха в шинах и др.) до 0,1 и ниже (гололёд, грязь, замасленный участок дороги, дождь, изношенный рисунок протектора, блокировка колёс при торможении и др.).

Естественно, что различные участки дороги могут значительно отличаться друг от друга по величине коэффициентов сцепления φ , что делает весьма трудоёмким нахождение величин коэффициентов сцепления на множестве участков с целью выявления их средних величин φ , т.е.:

$$\sum \varphi_{cp.} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_n}{n},$$

где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_n$ – коэффициенты сцепления на замеренных участках дороги, количество участков дороги.

Поэтому участки дороги с явно низким коэффициентом φ (гололёд, грязь и др.) можно обозначать отдельно, а для участка дороги с более высоким значением указанного коэффициента находят среднюю его величину и также выставляют информацию.

Различные величины давления воздуха в шинах отражаются на коэффициенте сцепления φ . Если уменьшить давление на 1 кг/см², то коэффициент сцепления улучшается на величину до 20% [4–6].

О влиянии скорости движения машин на сцепные качества шин можно судить не только по количеству ДТП и их тяжести (статистические данные), но и по результатам отдельных исследовательских работ.

Результаты исследования. По рисунку 2 видно, что при вращении колеса с угловой скоростью, соответствующей линейной скорости движения машины до 60 км/ч, величина центробежной силы не способна увеличить ни свободный r_0 (вследствие отрыва колеса от дороги), ни статический r_{cm} , ни динамический r_d радиусы колеса.

В диапазоне поступательных скоростей 60–100 км/ч и выше под действием центробежной силы названные радиусы колеса увеличиваются за счёт растяжения боковин шины. При этом площадь контакта шины значительно сужается, а следовательно, и уменьшаются сцепные качества шины из-за сокращения времени и числа зацеплений шероховатости дороги с материалом беговой дорожки (протектора) шины.

По своей абсолютной величине коэффициент сцепления φ на скользких дорогах может иметь также различные значения. Это зависит от многих факторов (погодные условия, температура окружающего воздуха, тип дороги, выпавший снег на обледенелую поверхность, скорость движения машины, приёмы торможения, рисунок протектора шины, давление в шине и др.). Шипы противоскольжения, конечно, повышают тягово-сцепные свойства шин на скользких дорогах, но в определённых условиях (относительно высокая скорость движения, резкое торможение) могут ухудшить курсовую и боковую устойчивость машины по

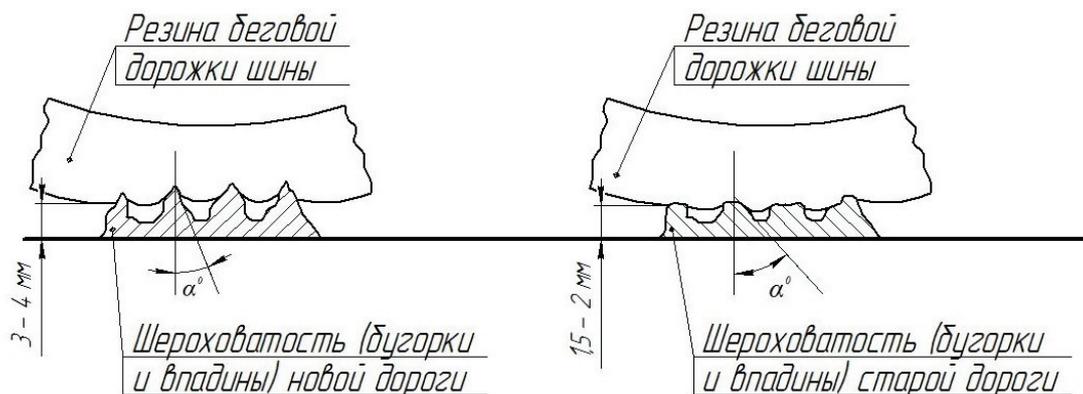


Рис. 1 – Физическая сущность сцепления пневматической шины с несущей поверхностью

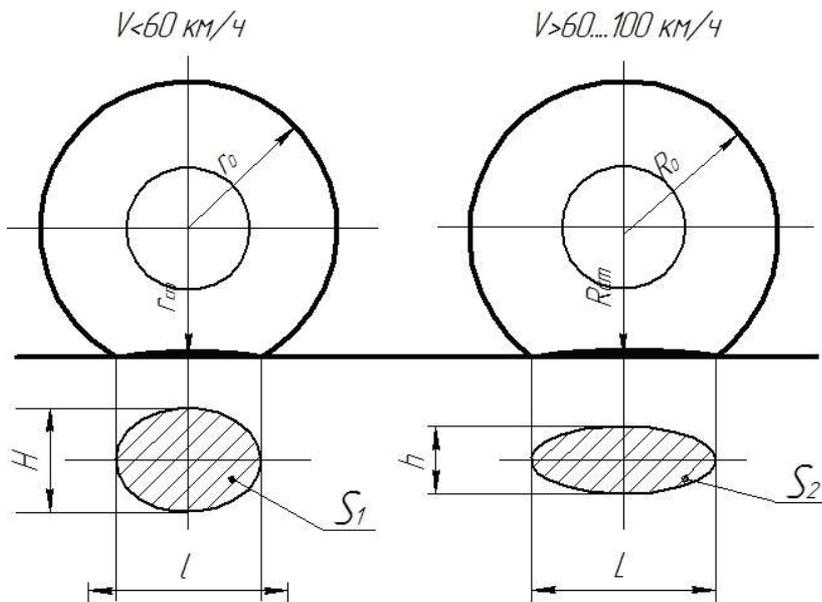


Рис. 2 – Влияние линейной скорости движения автомобильных шин на площадь пятна контакта шины с дорогой и радиусы колеса:
 H, h – ширина пятна контакта;
 l, L – длина пятна контакта;
 S_1, S_2 – площадь пятна контакта

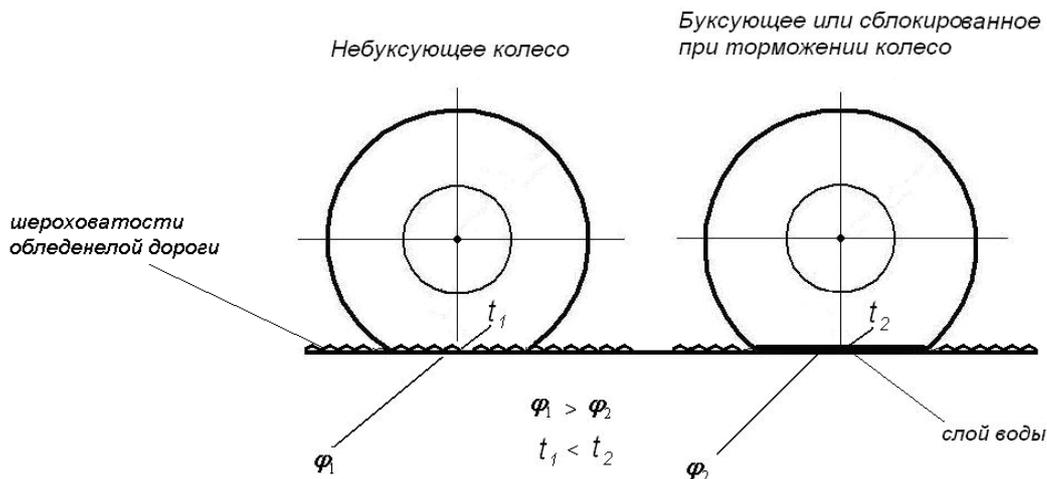


Рис. 3 – Физическая сущность сцепных качеств пневматической шины при движении АТС и обледенелой поверхности

сравнению с шинами, не оборудованными шипами противоскольжения [5–7]. В таких условиях движения системы антиблокировочных устройств могут также быть причиной нарушения устойчивости машины [3, 4].

На обледенелой поверхности под каждым ведущим и ведомым колесом коэффициент сцепления различный. Разница в абсолютной величине может достигать 25–30% [5, 6, 8]. Это способствует появлению пробуксовки ведущего колеса, находящегося в худших условиях по сцеплению, и боковому скольжению, приводящему в большинстве случаев к заносам колёсной машины. В особенности это проявляется при резком торможении, если колёсная машина не оборудована антиблокировочными устройствами, шипами противоскольжения, мелкозвенными цепями и др. [1, 3, 4].

При буксовании или блокировке ведущего колеса при торможении АТС под протектором создаётся более высокая температура (рис. 3),

которая способствует таянию льда и образованию слоя воды между протектором и дорогой. Это физическое явление значительно снижает сцепные качества шин с поверхностью качения, что обуславливает ухудшение динамических качеств колёсной машины и создание потенциальной возможности развития дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Для повышения сцепных качеств шины со скользкой поверхностью качения следует сбросить газ, т.е. снизить поступательную скорость движения машины (торможение двигателем), в крайнем случае торможение производить следующим образом: легко и медленно нажимать на педаль тормоза и быстро отпускать её. Это даёт возможность не блокироваться колесу и не создаёт предпосылки к образованию водяного слоя между протектором и обледенелой (скользкой) дорогой. Достаточно сказать, что даже на сухой асфальтированной или бетонной дороге при большой скорости движения

и резком торможении может произойти занос автомобиля из-за блокировки колёс (колеса). В этом случае блокировке колеса сопутствует образование большой температуры между протектором и дорогой, усиленное истирание резины (в пыль, сажу), которая для неблокированных колёс является смазкой, ухудшающей сцепные качества шин. Сажа и пыль истёртой резины постепенно заполняют впадины шероховатости дороги, что способствует заметному снижению её сцепных качеств. Так, по данным исследований в Германии, на одном километре асфальто-бетонных дорог в течение года скапливается до 200–220 кг истёртой резины (сажи).

Одним из важнейших динамических качеств колёсных машин является эффективность их торможения. Последняя зависит от многих факторов: конструкции и назначения самой машины, конструкции тормозной системы, трансмиссии и ходовой части, состояния дорожного покрытия, скорости движения АТС, рационального прохождения маршрута и т.д. Ранее в тексте было отмечено, что на физическую сущность сцепных качеств шины с дорогой влияет не только материал резины беговой дорожки шины, давление в ней, состояние поверхности качения, степень износа рисунка протектора и дороги и др., но и длина непосредственного торможения машины,

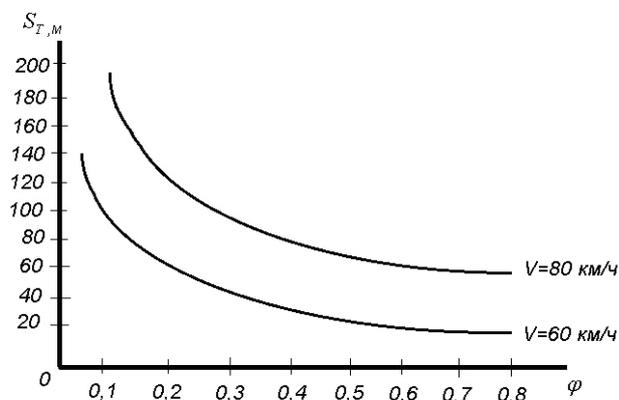


Рис. 4 – График зависимости тормозного пути S_T от коэффициента сцепления при скоростях движения $V = 60$ км/ч и $V = 80$ км/ч

которая также связана со сцепными качествами шин и дороги. Известная классическая формула непосредственного торможения $S_T = \frac{V_a^2}{254\phi}$ даёт наглядное представление о его величине, если изменяется коэффициент сцепления ϕ от 0,1 (гололёд) до 0,8 (новая сухая асфальтобетонная дорога) и скорость движения АТС (рис. 4).

Выводы. Анализируя вышеизложенное, можно дать некоторые рекомендации для повышения сцепных качеств пневматических шин: научно-производственным предприятиям при конструировании, модернизации и производстве колёс АТС разрабатывать новые составы резин для пневматических шин, оснащать эксплуатируемые АТС средствами снижения буксования и повышения устойчивости при движении по твёрдым и обледенелым поверхностям (механизмы блокировки дифференциалов, антиблокировочные системы тормозов, устройства регулирования и поддержания нормального давления воздуха в шинах и др.) [3–5, 8–10].

Литература

1. Горшков Ю.Г. и др. Анализ механики сцепных качеств пневматических шин при различных скоростях движения транспортных средств. Челябинск: ЧИМЭСХ, 1983.
2. Леру М. Сцепление колеса автомобиля с дорогой и безопасность движения. М.: Автотрансиздат, 1959.
3. Горшков Ю.Г., Четыркин Ю.Б., Старунова И.Н. и др. Повышение эффективности мобильных машин и улучшение условий труда операторов АПК: монография. Челябинск: ЧГАА, 2013. 557 с.
4. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А., Житенко И.С. Антиблокировочная система колёсных машин с пневматическими тормозными устройствами // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 4.
5. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А. и др. Исследование влияния угла склона на дисбаланс нагружения бортов колёсной машины и изменение направления вектора центра тяжести // Научное обозрение. 2014. № 1. С. 28–32.
6. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А. Автоматическое регулирование давления воздуха в шинах – фактор безопасного движения колёсных машин на склонах // Техника в сельском хозяйстве. 2014. № 1. С. 13–15.
7. Бидерман В.Л., Гуслицер Р.Л., Захаров С.П. и др. Автомобильные шины (конструкция, расчёт, испытания, эксплуатация). М.: Госхимиздат, 1963.
8. Ульянов Ф.Г. Повышение проходимости и тяговых свойств колёсных тракторов на пневматических шинах. М.: Машиностроение, 1964. 135 с.
9. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А. и др. Универсальная лента для улучшения сцепных и тормозных качеств пневматических шин // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 12.
10. Горшков Ю.Г. О физической сущности сцепления автомобильного колеса с дорогой // Вестник ЧГАУ. 1995. Т. 12.