

===== ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА =====

УДК 625.06+625.066+625.75

**ПАРАМЕТРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СЦЕПНЫЕ КАЧЕСТВА
ПОКРЫТИЙ АВТОДОРОГ**

*Евтюков С.А., Евтюков С.С.
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет, Санкт-Петербург*

**THE PARAMETERS AFFECTING THE ADHESIVE QUALITIES
OF ROAD COVERINGS**

*Evtyukov S.A., Evtyukov S.S.
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint-Petersburg*

В статье рассмотрены изменения величины коэффициента сцепления под влиянием различных факторов, проведен анализ изменений. Подробно представлена зависимость коэффициента сцепления от состояния вида дорожного покрытия, от скорости автомобиля для покрытий с различной шероховатостью.

Представлены показатели надежности контакта автомобильной шины с дорожным покрытием.

Ключевые слова: коэффициент сцепления, автомобильная дорога, дорожное покрытие, шероховатость дорожного полотна, шины, автомобиль.

The changes of the coefficient of adhesion under the influence of various factors and the analysis of the changes is examined in the article. In greater detail the friction coefficient of the road surface condition type and the vehicle speed coating with different roughness is shown. Presents the reliability of a car tire contact with the road surface.

Key words: coefficient of friction, road, pavement, road surface roughness, tires, car.

Дорожные условия оказывают значительное влияние на сцепные качества покрытий автомобильных дорог, влияние на режим и безопасность движения как отдельных автомобилей, так и всего потока транспортных средств в целом. Большая роль в обеспечении безопасности движения принадлежит основным технико-эксплуатационным показателям автомобильных дорог [1]. К числу таких показателей, в частности, относится ровность и шероховатость дорожного покрытия, влияющие на коэффициент сцепления. Существенное влияние на величину коэффициента сцепления оказывают скорость движения транспортного средства, состояние протекторов шин, неровности дороги, давление и температура в шинах и т.д.

В начальной стадии эксплуатации дороги коэффициент (φ) сцепления на всем протяжении автомагистрали при измерениях со скоростью $V=60$ км/ч на



мокрых покрытиях должен быть $\varphi \geq 0,45$, а на участках со сложными условиями движения (переходно-скоростные полосы, ramпы пересечений в разных уровнях, участки разделения и слияния потоков) – $\varphi \geq 0,5$. При этом снижение коэффициента сцепления с увеличением скорости с 60 до 80 км/ч не должно превышать 0,05 на основном протяжении автомобильной дороги и 0,10 на участках со сложными условиями движения. Коэффициенты сцепления в процессе эксплуатации автомобильной дороги (включая покрытия остановочный полос) должны быть $\varphi \geq 0,4$ при измерениях на скорости $V=60$ км/ч и мокрым покрытием. Вне зависимости от числа полос движения и средних скоростей транспортных потоков сцепные качества покрытия в поперечном профиле должны быть одинаковыми [2]. Разница коэффициентов сцепления не должна превышать (0,05÷0,10) в пределах проезжей части и (0,10÷0,15) на крайних укрепленных полосах по сравнению с проезжей частью. Сцепные качества покрытий в основном определяются шероховатостью, которая должна обеспечивать высокие коэффициенты сцепления (φ) в продолжение всего срока службы покрытия, быстрый сток воды с проезжей части, минимальные изменения коэффициента (φ) сцепления по сезонам года, по ширине проезжей части, наименьший износ протектора шин и оптимальный уровень шума. Этому комплексу требований в наибольшей степени удовлетворяют покрытия, поверхность которых имеет среднюю высоту выступов $\geq 1,5$ мм. Коэффициент сцепления φ представляет собой отношение максимально возможного на данном участке дороги значения силы сцепления между шинами транспортного средства и поверхностью дороги $P_{сц}$ к весу этого транспортного средства G_a :

$$\varphi = \frac{P_{сц}}{G_a}, \quad (1)$$

Необходимость в определении коэффициента сцепления возникает при расчете замедления при экстренном торможении транспортного средства, решении ряда вопросов, связанных с маневром и движением на участках с большими углами наклона. Величина его зависит, главным образом, от типа и состояния покрытия дороги, поэтому приближенное значение коэффициента для конкретного случая может быть определено по таблице 1.

Существенное влияние на величину коэффициента сцепления оказывают скорость движения транспортного средства, состояние протекторов шин, давление в шинах и ряд других неподдающихся учету факторов.

Шероховатость и состояние дорожного покрытия проезжей части должны обеспечивать требуемую величину сцепления колеса с покрытием, которая характеризуется коэффициентом сцепления [3]. При этом коэффициент сцепления должен быть $\geq 0,3$ при измерении его шиной без рисунка протектора и 0,4 шиной, имеющей рисунок протектора.

Таблица 1
Значения коэффициента сцепления в зависимости от состояния и вида покрытия

Вид дорожного покрытия	Состояние покрытия	Коэффициент сцепления (φ)
Асфальт, бетон	Сухой	0,7 ÷ 0,8
	Мокрый	0,5 ÷ 0,6
	Грязный	0,25 ÷ 0,45
Бульжник, брусчатка	Сухие	0,6 ÷ 0,7
	Мокрые	0,4 ÷ 0,5
Грунтовая дорога	Сухая	0,5 ÷ 0,6
	Мокрая	0,2 ÷ 0,4
	Грязная	0,15 ÷ 0,30
Песок	Влажный	0,4 ÷ 0,5
	Сухой	0,2 ÷ 0,3
Асфальт, бетон	Обледенелые	0,09 ÷ 0,10
Укатанный снег	Обледенелый	0,12 ÷ 0,15
Укатанный снег	Без ледяной корки	0,22 ÷ 0,25
Укатанный снег	обледенелый, после россыпи песка	0,17 ÷ 0,26
Укатанный снег	без ледяной корки, после россыпи песка	0,30 ÷ 0,38

Показатель сцепных качеств и шероховатости покрытий или коэффициент относительного сцепления колес с покрытием (коэффициент скользкости), вычисляется как отношение величины фактического коэффициента сцепления φ_{ϕ} к допустимой величине этого коэффициента φ_0 :

$$K_c = \frac{\varphi_{\phi}}{\varphi_0} \geq 1 \tag{2}$$

Коэффициент сцепления зависит от вида покрытия, его состояния, типа и конструкции шин, рисунка протектора шин, степени изношенности покрытия, скорости движения, нагрузки на колесо, температуры и других факторов (рис.1, табл. 2). Наибольшее влияние оказывают вид и состояние покрытия, а также скорость движения. Поэтому для объективной оценки состояния дорог необходимо в каждом случае измерять коэффициент сцепления при нормированной скорости 60 км/ч. Табличными значениями коэффициента сцепления можно пользоваться только для оценочных расчетов. В таблице 2 приведены значения коэффициента сцепления при скорости движения 20 км/ч для шин с нормальным протектором. Коэффициент сцепления при других скоростях:

$$\varphi_v = \varphi_{20} - \beta_{\varphi}(V - 20), \tag{3}$$

где β_{φ} – коэффициент изменения сцепных качеств от скорости (принимают в зависимости от типа и состояния покрытия в табл. 2).

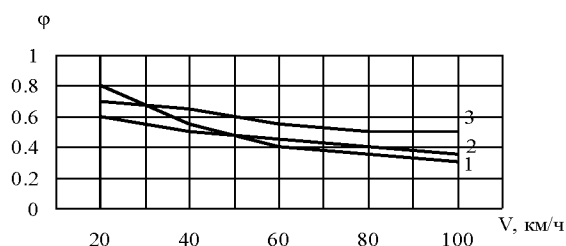


Рис. 1. Зависимость коэффициента сцепления от скорости автомобиля для покрытий с различной шероховатостью: 1- песчаный асфальтобетон; 2- многощебенистый асфальтобетон; 3- поверхностная обработка.

Таблица 2

Значения коэффициентов сцепления и изменения сцепных качеств

Покрытие	Состояние покрытия											
	Эталонное (сухое)		мокрое (чистое)		мокрое (грязное)		рыхлый снег		Уплотненный снег		Гололед	
	ϕ_n	β_ϕ	ϕ_n	β_ϕ	ϕ_n	β_ϕ	ϕ_n	β_ϕ	ϕ_n	β_ϕ	ϕ_n	β_ϕ
Цементобетонное	0,80-0,85	0,002	0,65-0,70	0,0035	0,40-0,45	0,0025	0,15-0,35	0,001-0,004	0,20-0,50	0,0025	0,08-0,15	0,002
Асфальтобетонное с шероховатой обработкой	0,80-0,85	0,0035	0,60-0,65	0,0035	0,45-0,55	0,0035	0,15-0,35	0,001-0,004	0,20-0,50	0,0025	0,10-0,20	0,002
Горячий асфальтобетон без шероховатой обработки	0,80-0,85	0,002	0,50-0,60	0,0035	0,35-0,40	0,0025	0,15-0,35	0,001-0,004	0,20-0,50	0,0025	0,08-0,15	0,002
Холодный асфальтобетон	0,60-0,70	0,005	0,40-0,50	0,004	0,30-0,35	0,0025	0,12-0,30	0,001-0,004	0,20-0,50	0,0025	0,08-0,15	0,002
Чернощебеночное и черногравийное с шероховатой обработкой	0,60-0,70	0,004	0,50-0,60	0,004	0,30-0,35	0,0025	0,15-0,35	0,001-0,004	0,20-0,50	0,0025	0,10-0,20	0,002
То же, без обработки	0,50-0,60	0,004	0,40-0,50	0,005	0,25-0,30	0,003	0,12-0,30	0,001-0,004	0,20-0,50	0,0025	0,08-0,15	0,002
Щебеночное и гравийное	0,60-0,70	0,004	0,55-0,60	0,0045	0,3-0,30	0,003	0,15-0,35	0,001-0,004	0,20-0,50	0,0025	0,10-0,15	0,002
Грунтовое улучшенное	0,40-0,50	0,005	0,25-0,40	0,005	0,20	0,003	0,12-0,30	0,001-0,004	0,20-0,50	0,0025	0,08-0,18	0,002

Факторы, изменяющие коэффициент сцепления: *скорость движения* (с увеличением скорости движения ϕ снижается. На сухом ледяном покрытии этого не наблюдается); *неровности дороги* (неровности увеличивают частоту вертикальной нагрузки– ϕ снижается из-за изменяющихся условий в месте контакта шины с дорогой и из-за подпрыгивания колес на неровностях); *пропитка вяжущими материалами поверхности дорог* (избыток вяжущих материалов делает поверхность скользкой, в жаркую погоду вяжущий материал размягчается, выступает на поверхность дороги, при этом ϕ уменьшается); *увлажнение покрытия* (в начале дождя ϕ уменьшается из-за того, что влага, дорожная пыль, частицы резины, капли нефтепродуктов и т.п. образуют жидкую

грязь, по которой, как по смазке, скользят колеса); *продолжительность эксплуатации дорожного покрытия* (при увеличении срока эксплуатации покрытия φ уменьшается из-за уменьшения шероховатости); *шероховатость покрытия* (чем больше шероховатость, тем значительнее площадь контакта дороги с шиной, при этом улучшается сцепление и φ возрастает. Наибольшая высота неровностей покрытия не должна превышать 4-5 мм. Слишком большая шероховатость покрытия приводит к уменьшению φ); *обледенение поверхности дороги*, образование на ней снежного покрова (φ при этом очень мал; он несколько увеличивается при понижении температуры воздуха до 0 С до (-15) С); *замасливание поверхности дороги* (замасливание дороги нефтепродуктами резко снижает φ . Как на сухих, так и на мокрых дорогах к середине полосы движения φ почти на 30% меньше); *характер сцепления колеса с дорогой* (наибольший φ наблюдается при продольном качении без бокового скольжения при продольном проскальзывании порядка 10÷15%. При заблокированном колесе (юз) φ несколько снижается); *увеличение нагрузки на колесо* (на твердых покрытиях дорог при увеличении нагрузки φ снижается); *повышение давления в шинах* (при увеличении давления воздуха в шинах φ первоначально повышается, затем начинает убывать); *повышение температуры шины* (с увеличением температуры шины сцепление на бетонных поверхностях несколько ухудшается, на асфальтобетонных – улучшается, φ в этом случае увеличивается из-за прилипания элементов протектора к поверхности дороги, что наблюдается при высокой температуре в зоне контакта в случае интенсивного торможения); *износ протектора шины* (при полном истирании рисунка протектора шины φ снижается на 35÷45%. Особенно сильно он уменьшается при движении на мокрых и грязных дорогах (примерно еще на 20÷25%)); *тип рисунка протектора шин* (шины с рисунком протектора повышенной проходимости на мягком снеге и неуплотнённом грунте имеют больший φ , чем шины с дорожным рисунком. На мокром покрытии шины с рисунком протектора, имеющим большую расчлененность, обеспечивают более высокий коэффициент сцепления); *вид материала* (шины из высокогистерезисных резин обеспечивают больший φ); *шероховатость покрытия* (чем больше шероховатость, тем значительнее площадь контакта дороги с шиной, при этом улучшается сцепление и φ возрастает. Наибольшая высота неровностей покрытия не должна превышать 4-5 мм. Слишком большая шероховатость покрытия приводит к уменьшению φ).

Во всех расчетных формулах коэффициент сцепления необходимо принимать соответственно виду и состоянию покрытия, скорости движения. Исходя из этого, максимально возможная скорость на горизонтальном участке и на подъеме по сцеплению колеса автомобиля с дорогой с учетом сопротивления качению определяется по формуле:

$$V_{\varphi, \max} = \frac{m_{20} - f_{20} - i}{m\beta\varphi + K_f} + 20, \quad (4)$$

где K_f – коэффициент сцепного веса (для легковых автомобилей – 0,5÷0,55, для грузовых – 0,65÷0,75).



Следует иметь в виду, что в нормативных документах обычно приведены значения коэффициента сцепления при скорости 60 км/ч. В этом случае, чтобы перейти к другой скорости, можно также пользоваться формулой (3), подставив вместо φ_{20} значение φ_{60} , а вместо скорости 20 км/ч – скорость 60 км/ч:

$$\varphi_2 = (0.5 - 0.85) \varphi_1 \quad (5)$$

Состояние поверхности дорог оценивается качественными характеристиками: сухое, влажное, мокрое (чистое и загрязненное), заснеженное (покрытие с рыхлым снегом или уплотненным слоем снега – снежный накат), гололед и т.д.

Условия движения в период действия неблагоприятных метеорологических явлений значительно сложнее, чем при сухом, чистом покрытии и обочинах. Различия определяются рядом факторов, основными из которых являются: снижение сцепных качеств покрытия, изменение взаимодействия автомобиля с дорогой, ухудшение ровности покрытия под влиянием осадков, гололеда, тумана, повышенной влажности воздуха и других факторов. При выпадении осадков в виде дождя на поверхности покрытия образуется слой воды, который начинает заметно влиять на сцепные свойства уже при толщине пленки более 0,2 мм, снижая адгезионную составляющую силы трения. Коэффициент сцепления резко снижается в начальный период дождя, когда образуется густая смазка на поверхности. После того как грязь с поверхности покрытия смыта дождем, коэффициент сцепления несколько увеличивается. В дорожной практике показателем надежности контакта автомобильной шины с дорожным покрытием служит величина сопротивления скольжению автомобильной шины по поверхности проезжей части дороги, оцениваемая значением коэффициента сцепления, табл. 3, 4 [4].

Таблица 3

Коэффициент сцепления для различных дорожных покрытий, находящихся в удовлетворительном состоянии

Дорожные условия	Сухое покрытие	Мокрое покрытие
Асфальто- и цементобетонное покрытие	0,7 ÷ 0,8	0,4 ÷ 0,5
Гравийное покрытие	0,6 ÷ 0,7	0,3 ÷ 0,4
Грунтовая дорога	0,5 ÷ 0,6	0,2 ÷ 0,4
Дорога, покрытая укатанным снегом	0,2 ÷ 0,3	0,2 ÷ 0,3
Обледенелая дорога	0,1 ÷ 0,2	0,1 ÷ 0,2

Примечания: 1. Значения коэффициента сцепления даны для скорости 40 км/ч.

2. При увеличении скорости движения АТС и изношенных шинах, а также на грязных покрытиях, коэффициент сцепления резко снижается [5].

Таблица 4

Коэффициент сцепления в зимних условиях

Дорожное покрытие	Коэффициент сцепления
Асфальтобетонное покрытие с тонким слоем ледяной корки (гололед)	0,09 ÷ 0,10
Укатанный ровный снеговой покров с обледеневшей поверхностью (после поливки водой)	0,12 ÷ 0,15
Укатанный ровный снеговой покров (толщина 50см) без ледяной корки	0,22 ÷ 0,25
Укатанный снеговой покров (толщина 50 см) после прохода грейдера	0,24 ÷ 0,28
Укатанный снеговой покров с обледеневшей поверхностью после россыпи песка по норме 0.1 м ³ на 1000 м ² дороги	0,17 ÷ 0,19
Укатанный снеговой покров с обледеневшей поверхностью после россыпи песка по норме 0.4 м ³ на 1000 м ² дороги	0,25 ÷ 0,26
Укатанный снеговой покров (толщиной 50 см) после россыпи песка по норме 0.4 м ³ на 1000 м ² дороги	0,30 ÷ 0,38

Выводы:

1. Выявлены факторы, существенно влияющие на сцепные качества покрытий автомобильных дорог: скорость движения транспортных средств, состояние протекторов шин, давление в шинах.

2. Состояние поверхности автомобильных дорог оценивается качественными характеристиками: сухое, влажное, мокрое, заснеженное, гололед.

3. Показателем надежности контакта автомобильной шины с дорожным покрытием служит величина сопротивления скольжению автомобильной шины по поверхности проезжей части дороги.

Библиографический список

1. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза / Под общ. ред. С.А. Евтюкова. – СПб: ООО «Издательство ДНК», 2008. 392 с.
2. Евтюков С.А. Условия и вероятность возникновения ДТП // Мир дорог. 2010. №45. С. 62-64.
3. Евтюков С.А., Хролов С.А. Оценка влияния геометрических параметров и сцепных качеств автодороги на безопасность дорожного движения. Труды молодых ученых, ч. 2. // «Интеграция» / СПб гос. архит.-строит. ун-т. – СПб, 2000, с. 98–100.
4. Евтюков С.А., Медрес Е.П. Проектирование и строительство облегченных на сыпех с применением EPS-блоков // Журн. «Автомобильные дороги», №10, 2007, с.73-75.
5. Евтюков С.А., Медрес Е.П., Рябинин Г.А. Спектор Строительство, расчет и проектирование облегченных насыпей // Изд. ИД «Петрополис». - СПб., 2009. 260 с.

Bibliograficheskij spisok

1. Evtyukov S.A., Vasilev Ya.V. Dorozhno-transportnye proisshestiya: rassledovanie, rekonstruktsiya, ekspertiza / Pod obsch. red. S.A. Evtyukova. - SPb: ООО "Izdatelstvo DNK", 2008. 392 s.
2. Evtyukov S.A. Usloviya i veroyatnost vozniknoveniya dtp // Mir dorog. 2010. №45. s. 62-64.
3. Evtyukov S.A., Khrolov S.A. Otsenka vliyaniya geometricheskikh parametrov i stsepykh kachestv avtodorogi na bezopasnost dorozhnogo dvizheniya. trudy molodykh uchenykh, ch. 2. // "Integratsiya" / SPb gos. arkhит.-stroit. un-t. - SPb, 2000, s. 98-100.



4. Evtukov S.A., Medres E.P. Proektirovanie i stroitelstvo oblegchennykh na sypej s primeneniem EPS-blokov // Zhurn. "Avtomobilnye dorogi", №10, 2007, s.73-75.

5. Evtukov S.A., Medres E.P., Ryabinin G.A. Spektor stroitelstvo, raschet i proektirovanie oblegchennykh nasypej // Izd. ID "Petropolis". - SPb., 2009. 260 s.

Евтюков Сергей Аркадьевич – доктор технических наук, профессор ФГБОУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург, E-mail: evsa@online.ru

Евтюков Станислав Сергеевич – аспирант Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург.

Evtukov Sergey – Professor, Doctor of Technical Sciences, FGBOU "Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering", St. Petersburg, E-mail: evsa@online.ru

Evtukov Stanislav – graduate of St. Petersburg State University of Architecture and Construction, St. Petersburg.

УДК 62-7+629.11-7

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Евтюков С.С., Шавыраа Ч.Д.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

Тувинский государственный университет, Кызыл

TECHNICAL DIAGNOSTICS OF GROUND TRANSPORTATION AND PROCESSING VEHICLES

Evtukov S.S., Shavyraa Ch.D.

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

Tuvin State University, Kyzyl

В статье представлены основная техническая диагностика наземных транспортно-технологических машин, в частности, использование методов математического моделирования и программирования. Техническое диагностирование рассмотрено как сложная система, имеющая определенные цели.

Ключевые слова: диагностика, транспорт, моделирование, система, описание.

The article presents the main technical diagnostics of ground transportation and processing vehicles, in particular the use of mathematical modeling and programming. Technical diagnosis is considered as a complex system, which has specific goals.

Keywords: diagnostics, transport, modeling, system description.