

УДК 625.7/8:629.33

К ВОПРОСУ КАЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА ПО ДОРОЖНОМУ ПОКРЫТИЮ

*Кирдянов А.В., Романов Д.Б., Чернеев А.С., студенты 1 курса
инженерного факультета
Научный руководитель – Морозов А.В., доктор технических
наук, доцент
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

Ключевые слова: *Автомобильное колесо, дорожное покрытие, коэффициент сцепления.*

В работе рассмотрены требования, предъявляемые к автомобильному колесу и факторы влияющие на коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием. Обозначены направления повышения устойчивости шины на дорожном покрытии.

Автомобильное колесо должно удовлетворять жестким требованиям. Основными из них являются: обеспечение значительно более высокого, чем в железнодорожном транспорте, коэффициента сцепления с дорожным покрытием, низкого сопротивления качению, большой площади фрикционного контакта и эффективного гашения динамических нагрузок. Эти требования обусловлены тем, что автодорожное покрытие по сравнению с железной дорогой отличается более неровной поверхностью трения, содержит большое количество влаги, имеет более крутые повороты и подъемы. В значительной мере этим условиям удовлетворяют пневматические шины, выполненные из эластомеров.

Коэффициент сцепления таких шин с дорожным покрытием достаточно высок - при отсутствии влаги в зоне контакта он может превышать 0,6. Однако благодаря значительным гистерезисным потерям в эластомере коэффициент сопротивления качению шин на порядок и более превышает этот параметр для железнодорожных колес и составляет примерно $f_c = 0,02-0,03$. Снижение f_c достигается при использовании узких шин с малым радиусом кривизны боковых стенок. Такое решение могло быть использовано в высокоскоростных автомобилях, поскольку способствует уменьшению требуемой мощности двигателя. Однако при высоких скоростях в большей степени проявляется аэродинамический эффект, вследствие чего возникает сила, стремящаяся поднять колесо, а между колесом и покрытием образуется воздушная прослойка и ко-

эффицент сцепления β катастрофически падает. Это приводит к необходимости увеличения ширины шины. Вторым направлением решения данной задачи является применение материалов с малым коэффициентом гистерезисных потерь α_g , однако это снижает β . Следовательно, одновременное снижение f_c и увеличение β не может быть получено рассмотренными методами.

Требуемый результат достигается при выборе оптимальной конструкции шины, наиболее широко распространенный вариант которой представлен на рисунке 1.

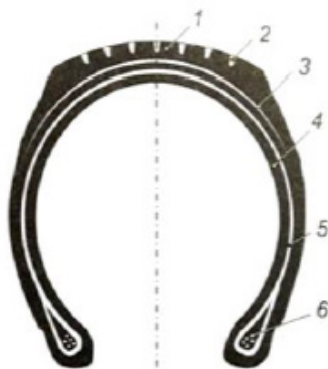


Рисунок 1 – Строение бескамерной шины (обозначения в тексте)

Для повышения β контактный слой 1 (протектор) - выполняют из материала с высоким α_g . В некоторой степени этому способствуют канавки 2 для отвода воды, выполняемые на поверхности протектора. Для снижения гистерезисных потерь при деформации шины в целом ее армируют металлическими либо полимерными волокнами, образующими каркас 5. Снижает α_g и защитный брекерный слой 3 из высокопрочных тканей. Шина содержит также герметизирующий внутренний слой из резины 4 и бортовое кольцо 6.

Дорожное покрытие зачастую содержит слой влаги, которая снижает коэффициент сцепления β до значений, меньших 0,1. Это приводит к резкому падению тягового усилия, снижению управляемости на криволинейных участках дороги и увеличению тормозного пути. Повышение β колеса с мокрым дорожным покрытием возможно путем

выполнения в контактном слое шины канавок. При этом уменьшается площадь контакта колеса и покрытия и вследствие этого падает адгезионная составляющая трения, что снижает β колеса с сухим покрытием. Однако при наличии влаги канавки обеспечивают удаление воды из зоны контакта и способствуют тем самым более высокому сцеплению выступов протектора с покрытием. В итоге достигаются достаточно высокие ($\sim 0,4$) коэффициенты трения скольжения и сцепления. Следовательно, благодаря высокому β автомобиль даже по мокрому дорожному покрытию может преодолевать уклон до 20° . Рисунок протектора выбирается таким, чтобы обеспечить за весьма короткое время контактирования полное удаление влаги из зоны касания.

Протекторы современных автомобилей имеют три элемента (рисунок 2).



Рисунок 2 – Рисунок на поверхности протектора шины (обозначения в тексте)

Первый - канавки 1 (зигзагообразные, продольные, поперечные либо их комбинации) шириной около 3 мм и глубиной около 10 мм, которые связывают центр зоны касания с его периферией и обеспечивают полное удаление влаги за пределы этой зоны. Второй элемент – это питающие каналы 2. Они малы по размерам, связаны с канавками, способствуют удалению влаги из зоны касания и смещению выступов протектора в процессе выдавливания влаги. Третий элемент – различной формы щели 3, которые образуют разветвленный микрорисунок. Щели

не являются сквозными, облегчают деформацию и смещение выступов.

Необходимость применения описанных мер по повышению сцепления колеса с дорожным покрытием подтверждается анализом качения пневматической шины по мокрому шероховатому покрытию. Так, при вращении колеса вода увлекается поверхностным слоем (беговым поясом) шины в зону контакта. Впереди контактной площадки образуется клин, который является причиной возникновения гидродинамической подъемной силы F_p , снижающей давление колеса на дорожное покрытие и силы сопротивления качению F_k (рисунок 3). Величина F_p прямо пропорциональна квадрату скорости поступательного движения колеса.

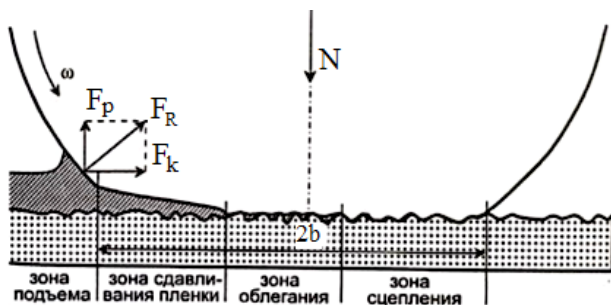


Рисунок 3 – Зоны контакта автомобильной шины с мокрым дорожным покрытием

Формируемая в области подъема сила F_p способствует проникновению жидкости в зону контакта и разделению поверхностей трения. Контактную площадку шириной $2b$ можно условно разделить на три зоны. В зоне сдвливания пленки жидкость полностью разделяет сопрягаемые поверхности. Длина этой зоны зависит не только от соотношения величин нормальной нагрузки и подъемной силы, но и от рисунка протектора. Если этот рисунок выбран верно, то жидкость легко выдавливается из межконтактного пространства и первая зона имеет малую длину. Для шины без протектора длина зоны сдвливания пленки может быть сравнима с шириной контактной площадки.

Зона облегания представляет собой область, в которой наблюдается вертикальное облегание протектором наиболее выступающих не-

ровностей дорожного покрытия. Здесь особую важность приобретают механические и реологические свойства материала, из которого изготовлен беговой пояс шины. Непосредственный контакт между шиной и дорожным покрытием имеет место только в зоне сцепления, размеры которой определяют величину силы сцепления колеса с покрытием.

С увеличением скорости перемещения колеса зона сцепления уменьшается вследствие более глубокого проникновения жидкости в межконтактное пространство и расширения зоны сдвигания пленки. При достижении критического значения скорости $u_{кр}$, называемого пределом динамического гидропланирования, первая зона может распространиться на всю область контакта. В этих условиях гидродинамическая подъемная сила уравнивает нормальную нагрузку, исчезает сцепление колеса с дорогой и транспортное средство становится неуправляемым. Стоит отметить, что такая скорость достигается только при посадке летательных аппаратов, а в наземном транспорте она значительно ниже, чем $u_{кр}$.

Библиографический список:

1. Крагельский, И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. – Москва : Машиностроение, 1968. – 420 с.
2. Мышкин, Н. К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. – Издательская фирма Физико – математическая литература, 2007. – 367 с.
3. Полюшкин, Н. Г. Основы теории трения, износа и смазки : учебное пособие / Н. Г. Полюшкин ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2013. – 192 с.
4. Веселовский А. А. Исследование износостойкости чугунных зубчатых колес с диффузионными карбидными покрытиями / А.А. Веселовский // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.- 2020. - №3 (51). – С.28-32. DOI 10.18286/1816-4501-2020-3-28-32.

TO THE QUESTION OF ROLLING A CAR WHEEL ON ROAD COVERING

Kirdyanov A.V., Romanov D.B., Cherneev A.S.

Key words: *car wheel, road surface, traction coefficient.*

The paper considers the requirements for a car wheel and factors affecting the coefficient of adhesion of tires to the road surface. Directions for increasing tire stability on the road surface are indicated.