

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОСТОЯНИЯ ШИН НА АВАРИЙНОСТЬ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Бул макалада тоо шарттарында шиналардын автотранспорт каражаттарынын авария болушуна тийгизген тасирин талдоо.

В данной статье анализируется влияние состояния шин на аварийность автотранспортных средств в горных условиях.

In given article analiz influences of a condition of tyres on breakdown susceptibility of vehicles in mountain conditions.

По многолетним данным статистических обработок дорожных происшествий в Кыргызстане ежегодно в автоавариях погибает свыше 1000 человек, а в отдельные годы наблюдается всплеск роста погибших в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) до 1200-1400 человек из-за сложных дорожно-климатических условий горных автодорог. Непрерывный рост количества ДТП обусловлен высокими темпами роста количества автотранспортных средств на дорогах, их низким техническим состоянием и резким снижением качества подготовки водительского состава в автошколах, несоответствием эксплуатационных свойств основных дорожных магистралей нормативным показателям дорожного полотна, систематическим задерживанием реабилитационных, восстановительных работ из-за нехватки финансовых средств /1/.

Доля ДТП, возникших из-за неисправности отдельных узлов автомобиля, относительно невелика и колеблется в пределах 4-5,3 % общего числа ДТП. Однако характерной особенностью этих случаев является особая тяжесть последствий, так как водитель из-за технической неисправности ответственных узлов часто лишается возможности управлять движением автомобиля. Анализ ДТП, связанных с технической неисправностью автомобиля, показывает, что они по числу погибших в 1,3 раза, а по числу раненых в 1,2 раза превышают среднее число погибших и раненых в ДТП по другим причинам.

Аварии из-за шин даже среди аварий по техническим причинам отличаются тяжестью последствий. Имеется информация, что вероятность ранения или летального

исхода при аварии вследствие отказа шин вдвое выше, чем даже при аварии в результате отказов тормозов.

Для максимального использования ресурса шин водитель обязан строго соблюдать правила эксплуатации и ухода за шинами.

На рис. 1 показаны причины преждевременного износа и разрушение шин:

Автомобильная шина – это эластичная резинокордная оболочка сложной конструкции, монтируемая на обод колеса и наполняемая сжатым воздухом.

Пневматические шины представляют собой ответственные детали ходовой части автомобиля, выполняющие большую и сложную работу. В процессе эксплуатации шины обеспечивают смягчение возникающих при движении автомобиля толчков, ударов, вибрации, передачу тяговых и тормозных сил, сцепление колес автомобиля с дорогой, устойчивость, управляемость и безопасность движения, динамичность и плавность хода, проходимость в различных условиях дорог, влияют на расход топлива автомобилем и шумообразование.

Шины относятся к одним из самых дорогостоящих элементов автомобиля. Стоимость комплекта шин для одного автомобиля составляет 20-25 % стоимости самого автомобиля. Затраты на шины составляют 18-25 % от всех эксплуатационных расходов. За период срока службы автомобиля (с начала эксплуатации до его списания) затраты на шины превышают стоимость автомобиля в 5-7 раз. Поэтому проблема повышения долговечности шин является весьма актуальной.

Из теории автомобиля нам известно, что работа шины неподвижного колеса заключается в упругих деформациях и трении в материалах шины под действием внешней статической нагрузки и внутреннего давления воздуха. От величины радиальной деформации зависит режим работы шины. Статическая деформация выражается в уменьшении высоты профиля шины H на величину $h_{ст}$ (прогиб шины), увеличении ширины профиля B и площади контакта ее с дорогой, а также в уменьшении ее радиуса. Статический радиус $R_{ст}$ меньше свободного радиуса шины R_0 на величину ее статического прогиба $h_{ст}$.

$$R_{ст} = R_0 - h_{ст}. \quad (1)$$

При нормальном прогибе шины около 60 % этой работы затрачивается на сжатие воздуха и 40 % – на деформацию каркаса и протектора.

Величина статической деформации выражается приближенно следующей формулой:

$$h_{ст} = \frac{G_k}{P_{\omega} \pi \sqrt{DB}}, \quad (2)$$

где $G_{\text{ш}}$ – нагрузка на шину, кг; $P_{\text{в}}$ – внутреннее давление воздуха, кг/см²; D – наружный диаметр колеса, см; B – ширина профиля шины, см.

В формуле (2) приняты следующие допущения: отсутствие деформации шины вне площади ее контакта с опорной поверхностью и равенство среднего удельного давления в площади контакта и внутреннего давления воздуха.

Среднее удельное давление $q_{\text{ср}}$ в плоскости контакта шины с дорогой определяет ее проходимость по мягким грунтам и выражается формулой $q_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{к}}}{F_0}$,

(3)

где F_0 – площадь контакта шины (выступов рисунка протектора), см².

Однако при движении шины по твердым покрытиям действительное среднее удельное давление будет выше вследствие того, что нагрузка передается не на всю площадь контакта F_0 , а на суммарную площадь выступов рисунка протектора. Удельные давления в плоскости контакта шины распределяются неравномерно по площади, как это видно из эпюр(1).

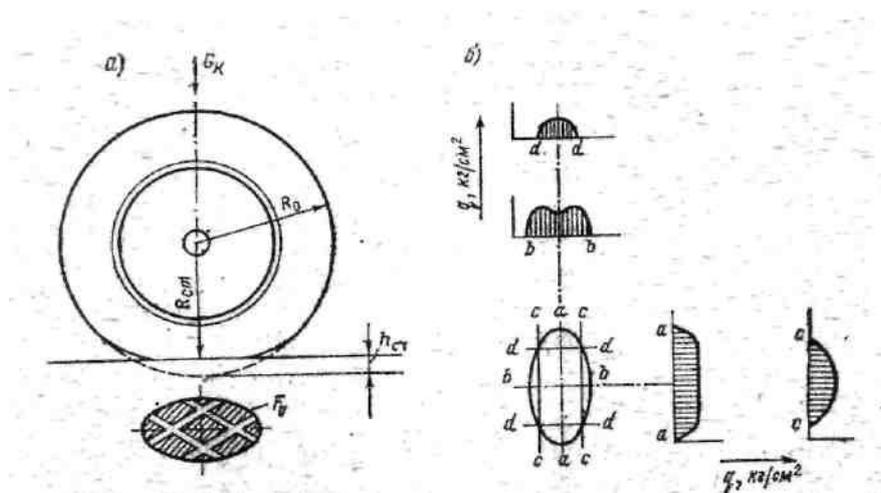


Рис. 2. Радиальная деформация шины:

а – статическая деформация и площадь контакта шины; б – эпюры удельных давлений в плоскости контакта шины

При движении автомобиля работа шины характеризуется дополнительными динамическими нагрузками на шину, возникающими при движении. Согласно исследованиям, динамические нагрузки превышают статические в 2-3 раза, а при наезде на препятствие – в 6-7 раз.

Радиальная нагрузка вызывает деформацию шины, которая при качении колеса перемещается по окружности. За один оборот колеса каждый элемент профиля шины претерпевает полный цикл нагружения и разгружения. Такие деформации называются циклическими. У шины ведущего колеса деформация происходит еще и в окружном направлении, распространяясь примерно на $\frac{1}{3}$ окружности, т.е. на 120° по центральному углу, причем в передней части шины (угол 60° , считая от центра контакта) будет наблюдаться сжатие, а при выходе из контакта – растяжение (рис.2). При скорости движения 50–60 км/ч один и тот же участок шины у автомобиля ЗИЛ-130 претерпевает около 10 деформаций в секунду. За весь срок службы шина выдерживает 20–30 млн циклических деформаций.

При качении колеса его динамический радиус R_d непрерывно меняется (особенно на плохих дорогах), но в среднем он несколько больше статического за счет центробежных сил (при больших скоростях) и повышения жесткости материалов шины. При быстром качении шины ее материал не успевает деформироваться полностью. В этом случае $R_d > R_c$, где R_c – статический радиус колеса. Фактический же средний радиус качения колеса R_k определяется длиной пути S и числом оборотов колеса n : $R_k = \frac{S}{2\pi n}$.

Кроме того, при качении нагруженного колеса в плоскости контакта шины с дорогой возникают касательные силы, направленные к центру контакта. Действие касательных сил вызывает проскальзывание элементов протектора и его износ. Шина типа Р имеет жесткий брекерный пояс, хорошо противостоящий ее деформациям в зоне контакта, что и обеспечивает высокую износостойкость протектора и меньшее сопротивление качению.

Сопротивление качению шины P_f зависит от сопротивления нормальной нагрузки G_k и коэффициента сопротивления качению f :

$$P_f = G_k f.$$

Потери мощности на сопротивление качению складываются из потерь на трение в зоне контакта шины с дорогой, на деформацию грунта, на деформацию шины и на трение в подшипниках колес.

Потери на трение в зоне контакта составляют около 5–10 % от всех потерь. Потери на деформацию грунта особенно велики на мягких грунтах, а при движении по твердым дорогам преобладают потери на деформацию шины.

Потери на деформацию шины состоят из потерь мощности на упругие деформации шины и на внутреннее трение. Энергия, затраченная на внутреннее трение, превращается в тепло. Как видно из рис., работа, затраченная на деформацию шины при ее нагрузке (вся

площадь под верхней кривой ОВ), больше работы, возвращенной при разгрузке (площадь под нижней кривой), а площадь между кривыми соответствует затрате энергии на трение. Эти кривые образуют так называемую петлю гистерезиса.

Нагрев шин зависит от конструкции и материала шин, от величины внутреннего давления, нагрузки, скорости движения, температуры воздуха и дорожных условий.

Увеличение нагрузки при неизменном давлении, а также уменьшение давления при той же нагрузке повышают деформацию шины и, следовательно, ее нагрев.

Значительное повышение температуры шины происходит при увеличении скорости качения колеса вследствие возрастания числа циклических деформаций в единицу времени.

Накопленное в шине тепло отводится частично излучением, за счет теплопроводности материалов, а также путем конвекции. Менее напряженный тепловой режим характерен для бескамерных шин. Еще меньше нагреваются бескамерные шины типа Р, обладающие тонкостенным каркасом и жестким, малодеформирующимся брекерным поясом. Допустимым для шин считается нагрев до температуры 100 °С. Температура 120 °С является критической. При такой температуре разрывная прочность шины в целом снижается примерно на 40 %, а резины – в 4 раза.

Деформации нагретой шины вызывают расслоение каркаса и резко снижают срок ее службы. Поэтому при эксплуатации шины необходимо следить за соблюдением нормативного давления воздуха и нагрузкой.

Температура окружающего воздуха оказывает влияние на интенсивность нагрева шин и соответственно ее работоспособность.

Степень нагрева шин зависит и от дорожных условий. На плохих дорогах из-за встречающихся неровностей шина претерпевает большие деформации, вызывающие ее интенсивный нагрев.

На крутых поворотах из-за явления бокового увода в плоскости контакта шин резко возрастает проскальзывание по поверхности дороги и, как следствие, увеличение сопротивления качению, а значит величина износа шин.

Установлено, что увеличение сопротивления качению может достигать 30...50 % по сравнению с сопротивлением на прямолинейных участках дороги в зависимости от типа автомобилей.

Опыт эксплуатации показывает, что срок службы шин у автомобилей, постоянно работающих на горных дорогах, значительно меньше, чем в равнинных условиях, и разработанные и применяемые гарантийные нормативы совершенно не учитывают

особенности высокогорной местности, высотные и дорожные факторы горных условий не дифференцированы, а только усреднены.

На горных дорогах криволинейное движение автомобиля происходит с измененными углами установки передних колес. Несоответствие плоскости качения шин направлению движения увеличивают работу трения в контакте с дорогой, что сказывается на интенсивности износа протектора.

На поворотах горных дорог вследствие возникновения боковой силы вектор скорости не совпадает с плоскостью вращения, а составляет некоторый угол увода S_y , так как происходит перемещение колеса в боковом направлении.

Согласно исследованию, при качении шины в ведомом режиме изменение вертикальной нагрузки от 1000 до 2000 км (от перераспределения веса) вызывает пропорциональное уменьшение μ_k на 2 %, увеличение угла увода S_y составляет 8° по сравнению с движением на прямой, таким образом, общий случай качения в тормозном режиме на поворотах горных дорог сопровождается непрерывным изменением силовых и кинематических параметров. Угловая скорость колеса в зоне качения изменяется не только за счет снижения поступательной скорости автомобиля на поворотах, но и за счет периодического изменения вертикальной нагрузки тормозного момента.

Теоретический анализ процесса торможения автомобильного колеса при движении на поворотах горных дорог показывает, что для уменьшения износа шин, повышения их проходимости необходимо повышение степени реализации коэффициента сцепления шин с дорогой при непрерывном изменении тормозного момента с различной амплитудой и частотой /2, 3/

Анализ статистических данных ДТП, совершенных на криволинейных участках горных и высокогорных дорог республики, показывает, что значительная часть их связана с потерей управляемости и устойчивости движения автомобиля, особенно на спусках многочисленных перевалов, при этом установлено, что 70...77 % аварий приходится на случай бокового скольжения из-за протектора шин /4/.

Список литературы

1. Нусупов Э.С. Темпы автомобилизации и проблемы безопасности дорожного движения //Наука и новые технологии. – 2009. – № 6.
2. Резник Л.Г., Ромалис Г.М., Чарков С.Т. Эффективность использования автомобиля в разных условиях эксплуатации. – М.: Транспорт, 1989. – 128 с.

3. Адрианов Ю.В. и др. Исследование влияния эксплуатационных условий на надежность автомобилей /Под редакцией Е.С.Кузнецова. – М.: НМИАТ, 1979, вып.3. – С.164-172.

Работа автомобильной шины /Под редакцией В.И. Кпороза. – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.