

*Калманбетова А.Ш., Топалиди В.А., Нусупов Э.С.*

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОБЕГ ШИН АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК: 629.113/115:62-11

*В статье рассмотрены вопросы зависимости пробега автомобильных шин от эксплуатационных условий, а также динамика поворота управляемых колес АТС при поворотах на спусках горных дорог, формирование боковых сил и увод эластичных шин, характеристика износа протектора от действия внешних факторов.*

Особенности эксплуатации автомобильного транспорта в высокогорных условиях подразделены на две группы: в первую группу отнесены особенности эксплуатации связанные с устройством горных дорог. Высокогорные дороги состоят преимущественно из подъемов и спусков, протяженность которых достигает 20...30 км. Кроме того, на высокогорных дорогах имеются многочисленные повороты весьма малыми радиусами, величина которых составляет всего 8...10 м. [1,2,4,5]

Известно, что из-за наличия частных поворотов, затяжных подъемов и крутых спусков скорость движения автомобиля резко снижается и нередко на многих участках дорог, она составляет всего 5...10 км/ч.

Тепловой режим двигателя резко меняется, так как на затяжных подъемах он работает на режимах перегрузки, вследствие чего двигатель перегревается. Перегреву двигателя способствует и малая скорость движения автомобиля.

Наличие на горной дороге многочисленных подъемов, спусков и поворотов приводит к повышению частоты и длительности процесса торможения и вызывает интенсивный износ тормозных накладок и шин.

Установлено, что срок службы тормозных накладок при этом сокращается примерно в 7...12 раз по сравнению со сроком службы в равнинных условиях. Износ шин в этих условиях многократно превышает норму, кроме того наблюдается отрыв частиц протектора при длительном торможении на спусках перевалов. [6-9]

Автомобили с пневматическим тормозным приводом испытывают нехватку сжатого воздуха при частом и интенсивном торможении, в результате чего снижается безопасность движения.

Вышеуказанные особенности горных дорог приводит к перегрузке деталей двигателя и шасси автомобиля и преждевременному выходу их из строя. Анализируя данные, опубликованные как в отечественной, так и в зарубежной литературе, о длительности работы автомобиля на передачах, можно заключить, что работа на промежуточных

передачах в обычных условиях эксплуатации составляет 10...12%, а в горных условиях 50...75% от общего пробега автомобиля. Использование промежуточных передач сопровождается соответствующим снижением скорости движения, повышением расхода топлива, увеличением суммарного числа оборотов коленчатого вала на 1 км пробега. Отметим, что чрезмерное снижение скорости движения автомобилей уменьшается и без того низкую пропускную способность горных дорог.

Кроме того следует отметить, что интенсивное изнашивание шин обусловлено передачей больших крутящих моментов ведущими колесами при движении на подъемы частыми и длительными торможениями на спусках, а так же большим количеством поворотов с малыми радиусами.

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 величин 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 динамические изменения в элементах рулевого привода, вызванные подотливностью деталей его шарниров создают условия для поворота колесных механизмов вокруг 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 в следствии возникновения боковой силы вектор скорости не совпадает с плоскостью вращения, а составляет некоторый угол увода  $S_y$ , т.к. происходит перемещение колеса в боковом направлении.

Согласно исследованиям при качении шины в ведомом режиме изменение вертикальной нагрузки от 1000 до 2000 км (от перераспределения веса) вызывает пропорциональное уменьшение  $\chi_k$  на 2%, увеличение угла увода  $S_y$  составляет  $8^\circ$  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 их поворотах горных показывает, что для уменьшения износа шин, повышения их ходимости необходимо повышение степени реализации коэффициента сцепления шин с дорогой, при непрерывном изменении тормозного момента с различной амплитудой и частотой. [1,2]

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. [3]

Из теории автомобиля известно, что торможение автомобиля на повороте сопровождается действием боковой силы  $P_b$  (рис. 1) величина которой в основном зависит от скорости движения  $V_a$ , кривизны траектории ( $R, R^1$ ), расположения центра тяжести ( $a, b$ ), боковой эластичности шин передней и задней осей ( $S_A, S_B$ ). В связи с этим при движении автомобиля на повороте горных автомобильных дорог водителю требуется совершить как минимум две операции по управлению за очень короткий промежуток времени при большой частоте их повторяемости на серпантинах перевальных участков: нажатие на педаль торможения при одновременном корректировании направления движения от возможных отклонений от заданной траектории движения вызванного особенностями продольного профиля и плана.

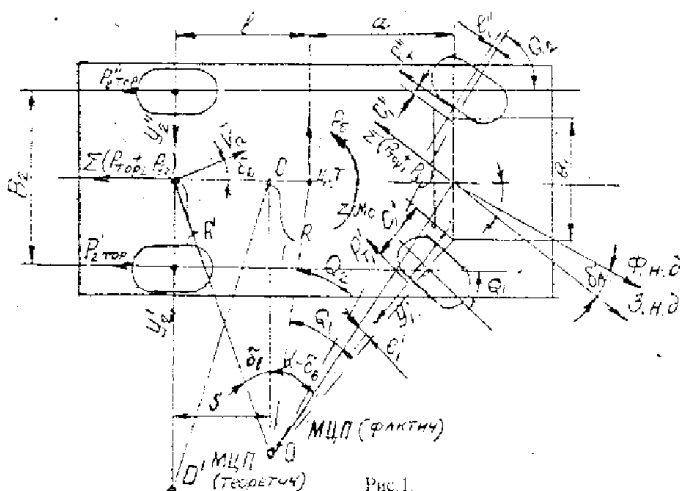


Схема сил и моментов действующих на автомобиль при движении на повороте в режиме торможения

где:  $R_1 > R$  – излишняя поворачиваемость;

$C_1^1$  и  $C_1^2$  – расстояние центра контакта шин внутреннего и внешнего колеса до шкворней поворотных кулаков;

$e_1^1$  и  $e_1^2$  – величина смещения контактной площади шины назад соответственно внутреннего и внешнего колеса;

$y_2^1$  и  $y_2^{11}$  – боковые реакции задних внутренних и внешних колес;

$S$  – величина смещения мгновенного центра поворота автомобиля;

$G_1$  и  $G_2$  – составляющие веса автомобиля на передних и задних осях;

$G_A$  – полный вес автомобиля;

$g$  – ускорение силы тяжести;

$a$  и  $b$  – продольные координаты центра тяжести;

$V_a$  – скорость движения автомобиля;

$R$  – радиус поворота автомобиля;

$L$  – угол поворота управляемых колес;

$L_A$  – база автомобиля;

$S_A$  и  $Q_B$  – угол увода передних и задних осей;

$\sum M_c$  – суммарный момент сопротивления повороту;

$P_{top1}, P_{top2}$  – тормозная сила на передних и задних осях;

$Pf_1, Pf_2$  – силы сопротивления движению на передних и задних осях;

$Q_1$  и  $Q_2$  – углы поворота внутренних и внешних управляемых колес;

$y_1^1$  и  $y_1^{11}$  – боковые реакции передних внутренних и внешних колес.

При недостаточном сцеплении колес с дорогой (сильный износ протектора) аварийная ситуация неизбежна из-за потери поперечной устойчивости вследствие критического перераспределения веса автомобиля по осям на режиме торможения на спусках. Влияние конкретных конструктивных факторов поворачиваемость автомобиля при торможении может быть наглядно установлено на конкретной модели автомобиля.

В качестве первостепенной задачи, необходимо установить величины удельных боковых реакций на передние и задние оси, возникающие от возмущающих боковых реакций на передние и задние оси, возникающие от возмущающих моментов центробежных, боковых сил; при этом необходимо учесть в общем виде уравнение момента сопротивления повороту имеет форму многочлена:

$$\sum M_c = M_{ш} + M_{\varphi} + M_f + M_L + M_g + M_{торп}$$

где:  $M_{ш}$  – стабилизирующий момент, обусловленный боковой эластичностью шин;

$M_f$  – момент, обусловленный сопротивлением качению колес;

$M_{\varphi}$  – момент сопротивления повороту, зависящий от трения протектора в контактной площадке;

$M_g$  – момент, обусловленный трением в дифференциальной коробке;

$M_L$  – момент сопротивления повороту рулевого привода, рулевого управления;

$M_{торп}$  – момент, обусловленный разностью тормозных сил на колесах одной оси;

$z$  – общее число колес автомобиля.

Таким образом используя из теории автомобиля можно записать: для случая поворота с торможением

$$\frac{Y_1}{G_1} = \frac{GabV_e^2 + \sum M_c}{G_{lg}LR \cos \alpha} + \frac{Ga(b^2 + p^2)}{G_{lg}L \cos \alpha} \left( \frac{1}{R} \cdot \frac{dV_e}{dt} + \frac{V_e}{2 \cos^2 \alpha} \cdot \frac{dL}{dt} \right) + \frac{1}{G_1} \cdot (P_{торп1} + P_{f1}) dgL \quad (1)$$

Аналогично рассуждая, для удельной боковой силы задней оси:

$$\frac{Y_2}{G_2} = \frac{GabV_e^2 + \sum M_c}{G_2 gLR} + \frac{Ga(ab^2 + p^2)}{G_{lg}L \cos \alpha} \left( \frac{1}{R} \cdot \frac{dV_e}{dt} + \frac{V_e}{2 \cos^2 \alpha} \cdot \frac{dL}{dt} \right) + \frac{1}{G_1} \cdot (P_{торп1} + P_{f1}) dgL$$

Из выражений 1 и 2 видно, что на величину удельных боковых реакций влияет момент  $\sum M_c, P_{торп1}, P_f, L, dL/dt, dV/dt$ .

Теперь аналитическим расчетным методом можно определить величину составляющих в порядке их значимости:

$$M_{торп1} = \sum \frac{M_{торп1}}{r_k} \left[ \frac{B_2}{2} \cdot \frac{K_2 - 1}{K_2 + 1} C_{торп} + \frac{B_1}{2} \cdot \frac{K_1 - 1}{K_1 + 1} (1 - C_{торп}) \right] \quad (3)$$

где:  $\sum M_{торп}$  – суммарный тормозной момент автомобиля;

$K_1, K_2$  – коэффициент перераспределения тормозных моментов по осям;

$B_1$  и  $B_2$  – колеса;

$r_k$  – радиус качения колеса

Шины автотранспортных средств (АТС) представляют собой дорогостоящие изделия с относительно небольшим ресурсом. Их стоимость, особенно при эксплуатации АТС в тяжелых дорожных и климатических условиях, работе в карьерах, где идет добыча полезных ископаемых, составляет значительную часть транспортных расходов.

В связи с этим очень важным является правильный подбор шин для конкретных условий эксплуатации и нормирование их ходимости.

В действующем в настоящий момент руководящем документе РД 2002 «Нормы эксплуатационного пробега автомобильных шин» недостаточно точно представлена классификация условий эксплуатации АТС, в зависимости от дорожного покрытия и рельефа местности. Кроме того в разделе IV РД: 2002 не указывается для каких шин, с дорожным рисунком или универсальным, высокой проходимости или карьерных, возможно снижение норм пробега.

Существующий руководящий документ требует переработки и новых рекомендаций для эксплуатационников по выбору типа шин и влиянию условий эксплуатации на интенсивность износа.

Действие поверхности дороги на шину существенно зависит от типа и состояния дорожного покрытия, продольного и поперечного профилей и извилистости дороги.

Результаты многолетних исследований НИИШП, НИИАТ, ТАДИ КГУСТА [4-9] показывают:

1. На ровных и гладких покрытиях дорог срок службы шин определяется в основном сроком службы протектора, причем на мокрых и зимних дорогах износ протектора в несколько раз меньше, чем сухих дорогах, особенно в летнее время.

Чем больше шероховатость поверхности дороги и больше на ней неровностей, тем скорее истирается протектор, быстрее появляется усталость каркаса и понижается сопротивляемость шины механическим повреждением.

На булыжных мостовых и разбитых дорогах ввиду динамического характера нагрузок, воспринимаемых колесом, срок службы шины меньше, чем на ровных и гладких поверхностях дорог. Он определяется прочностью каркаса и износостойкостью протектора.

Наличие на дороге группы А участка с гравийным покрытием протяженностью, например, 35% к общей длине приводит к росту интенсивности износа шин на 30-70%.

2. В горной местности существенное влияние на износ шин оказывает профиль дороги, характеризующийся крутыми подъемами и спусками, большим числом поворотов малого радиуса. Так, например, увеличение в маршруте удельного веса горного профиля до 25% повышает интенсивность износа шин грузовых автомобилей на 20%.

Чем больше спусков, подъемов и поворотов на дороге и чем круче, тем чаще создается перегрузка то передних, то задних, правых или левых колес и тем чаще приходится разгонять и тормозить автомобиль, а это увеличивает трение и теплообразование в шинах и ускоряет их износ. Чем выпуклее поперечный профиль дороги, тем больше перегружаются шины на правых колесах и разгружаются на левых, что приводит к быстрому износу шин, расположенных с правой стороны. При движении автомобиля по середине узкой дороги с асфальтобетонным покрытием с резко выпуклым поперечным профилем происходит некоторая перегрузка внутренних двоярных шин, увеличивающая их износ.

Движение автомобиля при поворотах, на криволинейных участках малого радиуса сопровождается уводом передних колес. Угол увода оказывает значительное влияние на износ протектора шин. Интенсивность износа протектора повышается с увеличением угла увода, причем у шин легковых автомобилей в большей степени, чем у грузовых. Так, с возрастанием угла увода колеса от 0 до  $\pm 2,0^\circ$  интенсивность износа протектора легковых и грузовых шин повышается в 10 и 6 раз соответственно. При больших углах увода колеса интенсивность износа протектора шин возрастает, увеличивается неравномерность износа по его ширине.

При больших углах увода ( $\pm 5^\circ$ ) износ краев беговой дорожки легковых шин на 30-35%, а грузовых на 20-25% выше, чем в середине.

3. Очень большое влияние на износ шин оказывают климатические условия: температура и влажность окружающего воздуха и дороги. Так, износ шин зимой на твердом дорожном покрытии примерно на 25-30% меньше, чем летом.

Чем выше температура окружающего воздуха, тем больше теплообразование в шинах, тем быстрее изнашивается протектор и уменьшается срок службы шин. С увеличением температуры окружающего воздуха происходит понижение герметичности шины вследствие увеличения диффузии воздуха через стенки камеры.

Низкая температура окружающего воздуха уменьшает температуру в работающих шинах, благодаря чему уменьшается общий их износ. Однако в условиях очень низких температур возможен преждевременный износ шин вследствие потери резиной эластичности и появления хрупкости.

4. Из многочисленных наблюдений за эксплуатацией автомобильных шин в различных условиях их работы, проведенных НИИШП, следует: 1 – хорошая дорога (асфальтобетонное покрытие), срок службы шины 100%; 2 – холмистая и извилистая дорога в хорошем состоянии срок службы шин 76%; 3 – неукрепленная дорога, срок службы шины 65%; 4 – горные дороги с различными покрытиями (брусчатка, щебенка), срок службы шины 50%.

#### Литература:

1. Методы управления автомобилем. Сборник научных трудов. М. МАДИ, 1971, - 170 с.
2. Резник Л.Г., Ромалис Г.М., Чарков С.Т. Эффективность использования автомобиля в разных условиях эксплуатации. М.: Транспорт, 1989, - 128 с.
3. Андрианов Ю.В. и др. Исследование влияния эксплуатационных условий на надежность автомобилей. //Повышение эксплуатационной эффективности автомобилей/ Под редакцией Кзнецова Е.С. М.: НМИАТ, 1979, вып. 3, с. 164-172.
4. Работа автомобильной шины / под редакцией В.И. Кнороза М.: Транспорт 1976, 238с.
5. Непомнящий Е.Ф. Износ эластичного колеса при качении с проскальзыванием. Роль спектра нагрузок. – «Химия», 1967, №3, с. 58-72.

6. В.Н. Тарновский, В.Л. Гудков, О.Б. Третьяков. Автомобильные шины М.: Транспорт. 1990. – 272 с.
7. Хеггие И. Управление автомобильными дорогами, 2001 г.
8. Эрастов А.Я., Чванов В.В., Работяга М.Т. Оценка эффективности дорожно-ремонтных работ в условиях нового механизма // Автомобильные дороги, 1990, №12. с.4-5.
9. Эксплуатация и ремонт крупногабаритных шин / Э.С. Скорняков, Э.Н. Кваша, А.А. Хаменя, В.П. Бойков – М.: Химия, 1991. с. 128.

**Рецензент: д.тех.н., профессор Карганбаев Р.С.**

---