

15. D. Schelkunov, A.M. Uzdin, A.A. Fedorov, M.Y. Fedorov The spectral decomposition in the analysis of seismic resistance damped systems. Selected works Internat. Scien. Conference on mechanics "Polyahovskie VI of reading" St. Petersburg, St. Petersburg State University, 2012, pp.86-89.
16. A.A. Petrov, S.V. Bazilevsky Accounting for cross-correlation between the generalized coordinates of the determination of seismic loads. - Ref.inf. "Earthquake-proof construction (domestic and foreign experience)," Series XIV, TsINIS, M., 1978, Issue 5, pp.23-28.
17. A.M. Uzdin, D.V. Schelkunov a method of setting the resistance forces in a non-uniform damping systems. Earthquake-proof construction. Security facilities. 2011. №2. pp.47-50.

УДК 656.11

Батманов Э.З., Гасанов Т.Г., Гусейнов М.Р.

ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ НА СНИЖЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

E. S. Batmanov, T. H. Gasanov, G.M.Guseynov

THE IMPACT OF ROAD CONDITIONS ON THE SUSTAINABILITY DECLINE IN THE ROAD TRANSPORT IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и экспериментальные исследования влияния различных компонентов дорожных условий на снижение устойчивости автотранспортного средства (АТС), приводящих к заносам и опрокидыванию. Приводятся расчетные формулы для определения критической скорости на поворотах с поперечными уклонами и резким изменением направления движения, при которых занос и опрокидывание уже не исключаются, в связи с появлением дополнительных поперечных сил инерции. Отмечается и даются пояснения, что существенное влияние на устойчивость автомобиля оказывает «боковой увод». Приводятся графики зависимостей поперечной силы от угла увода шин автомобиля и влияние износа протектора шин на сцепные качества при разных скоростях движения и величины шероховатости покрытия, полученные экспериментальным путем.

Отмечается влияние на занос и опрокидывание автомобиля неровностей дорожного покрытия. В таких дорожных условиях техническое состояние автомобиля и в частности его амортизаторов имеют существенное значение. Приводится график влияния амортизаторов на условия движения автомобиля,

полученный экспериментальным путем. Полученный в результате исследования материал позволит повысить безопасность движения на дорогах Республики Дагестан.

Ключевые слова: скольжение, уклон дороги, занос, координаты центра масс, угловая скорость, качение колеса, сила инерции, подвеска, амортизаторы.

Abstract. *The article touches upon the theoretical and experimental studies of the influence of the various components of road conditions to reduce the stability of the vehicle, which lead to skidding and rollover. The resulting research material will improve traffic safety on the roads of the Republic of Dagestan. We give formulas for calculating the critical speed cornering with cross gradients and sharp change in direction, in which the skid and rollover is not excluded, due to the appearance of additional transverse forces of inertia. It is explained that a significant impact on the stability of the car has a «side pull». We give graphs of the lateral force from the vehicle slip angle of tires and tire tread wear of the impact on the quality of grip at different speeds and the amount of coating roughness obtained experimentally.*

Effect on the skid and rollover car road surface irregularities is marked. In such traffic conditions, the technical condition of the vehicle and in particular the shock absorbers are essential. The schedule damper effect on driving conditions, obtained experimentally.

Key words: *slide, slope road, skid, the coordinates of the center of mass, angular speed, the rolling wheel, the inertia force, suspension, shock absorbers.*

Введение. Национальная стратегия повышения безопасности дорожного движения (на период до 2020 г.) предусматривает повышение качества и инфраструктуры автомобильного транспорта и совершенствование технологии строительства автомобильных дорог.

В этих целях для снижения аварийности на дорогах следует шире использовать технические средства, в том числе глобальную навигационную спутниковую систему «Глонас», что позволит избежать ДТП даже при плохих дорожных условиях. При этом важно знать от действия, каких сил происходит снижение устойчивости транспортного средства. Создание конкурентоспособных машин, отвечающих современным требованиям к надежности, невозможно без учета условий эксплуатации и обеспечения соответствующего технического уровня.

Значительное количество ДТП происходит в связи с потерей автомобильным транспортом устойчивости при поперечном скольжении, что может вызвать выезд на полосу встречного движения и за пределы дорожного полотна. Особенно опасны они при высоких скоростях, когда начавшееся скольжение или опрокидывание автомобиля может быть вызвано нарушением условий устойчивости – наклоном опорной поверхности дороги или приложением внешних сил к боковой поверхности АТС, например, внезапным толчком или порывом ветра.

На рис. 1 показана схема действия сил на уклоне при прямолинейном движении автомобиля. Угол поперечного уклона β характеризует наклон плоской дороги к горизонту.

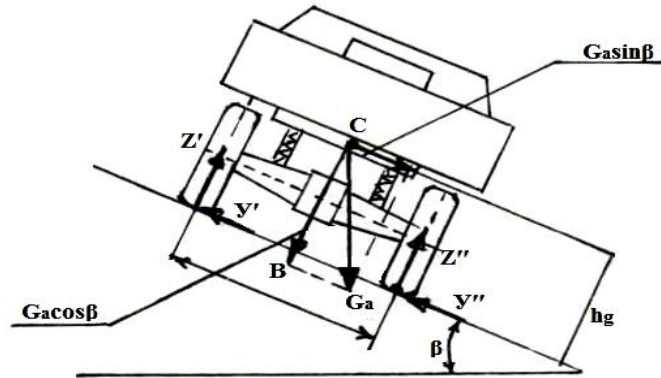


Рисунок 1- Схема сил действующих на автомобиль, движущийся по дороге с поперечным уклоном: С – центр масс автомобиля; z' и z'' - вертикальные реакции, приходящиеся на левые и правые колеса; y' и y'' - боковые реакции; G_a – вес автомобиля.

Составим уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точки соприкосновения правых колес с поверхностью дороги [1,3]:

$$z'B + G_a \sin \beta \cdot h_g - G_a \cos \beta \cdot \frac{B}{2} = 0$$

К моменту опрокидывания колеса оторвутся от дороги и $z''=0$. Тогда

$$G_a \sin \beta \cdot h_g = G_a \cos \beta \cdot \frac{B}{2} \text{ или } \operatorname{tg} \beta = B / 2h_g \quad (1)$$

Координаты центра масс конкретных автомобилей обычно приводятся в справочниках. У большинства автомобилей среднее значение координат центра масс (по горизонтали) при полной нагрузке составляет: для двухосных $b=(0,25-0,45) L$; для трехосных (от центра масс до оси заднего колеса $b=0,3-0,5$, где L - база автомобиля; b - расстояние до задней оси.

У груженого автомобиля высота центра масс

$$h_g = \frac{G_a \cdot h_c + G_r \cdot h_r}{G} \quad (2)$$

где $G = G_a + G_r$

G_a - масса автомобиля; G_r - масса груза.

За счет упругости подвески автомобиля происходит поперечный крен его поддрессоренных масс между правыми и левыми колесами. Влияние его учитывается коэффициентом предварительного поперечного крена поддрессоренной массы автомобиля « η_k ». Величина его для легковых и грузовых автомобилей с нагрузкой составляет $\eta_k=0,8-0,85$, а для грузовых, без нагрузки $\eta_k=0,9$.

$$\text{С учетом коэффициента } \eta_k \quad \operatorname{tg} \beta \geq \eta_k \frac{B}{2h_g} \quad (3)$$

Следовательно поперечная устойчивость автомобиля при его прямолинейном движении по дороге с поперечным уклоном характеризуется его колеей

B и высотой центра масс h_g . Отношение $\frac{B}{2h_g} = h_\beta$ принято называть коэффициентом поперечной устойчивости автомобиля. Средние величины этого коэффициента и соответствующие им значения угла поперечного уклона (косогора) находятся в пределах: для легковых автомобилей $h_\beta=0,9-1,2$, $\beta_{\max}=42-50$ град; для грузовых - $h_\beta=0,55-0,8$, $\beta_{\max}=29-40$ град; для автобусов $h_\beta=0,5-0,65$, $\beta_{\max}=27-33$ град.

Из рис.1 видно, что сила $G_a \cdot \sin \beta$ стремится вызвать скольжение автомобиля в сторону, а сила сцепления шин с поверхностью дороги противодействует этому скольжению. Следовательно, условием начала скольжения автомобиля в поперечном направлении будет

$$G_a \sin \beta \geq G_a \cos \beta \varphi' \text{ или } \operatorname{tg} \beta \geq \varphi' \quad (4)$$

где φ' - коэффициент сцепления в поперечном направлении.

Известно, что при движении автомобиля на повороте дороги, как и при любом отклонении от прямолинейного направления, возникает центробежная сила инерции. При этом внутренние по отношению к центру поворота колеса разгружаются, а внешние, наоборот, нагружаются.

Величины центробежной силы на участке круговой кривой выражается уравнением:

$$P_u = \frac{G \cdot v_a^2}{g \cdot 3,6^2 \rho} = \frac{G \cdot v_a^2}{127 \rho}, \text{ кгс} \quad (5)$$

где ρ - радиус поворота центра масс автомобиля, м, $\rho \approx R$. R - радиус поворота дороги.

Скольжение шин в поперечном направлении начнется в тот момент, когда действующая на автомобиль горизонтальная сила сравняется по величине с силой сцепления. В тех случаях, когда продольные силы на участках контакта шин отсутствуют или невелики, сила сцепления шин с дорогой практически используется только в поперечном направлении, составляя величину $P\varphi' = G \cdot \varphi'$.

Приняв, что $P_u = P\varphi'$, критическую скорость автомобиля при прохождении поворота дороги постоянного радиуса, исходя из условий поперечного скольжения, можно рассчитать по формуле:

$$v_{зан} = 3,6 \sqrt{\frac{gL\varphi'}{\operatorname{tg} \theta}} = \sqrt{127R\varphi'}, \text{ км/ч} \quad (6)$$

$$R = L / \operatorname{tg} \theta$$

где θ – угол между продольной осью автомобиля и вектором скорости.

При этом следует учесть, что формула справедлива для дорог с постоянным радиусом закругления и при движении с постоянной скоростью.

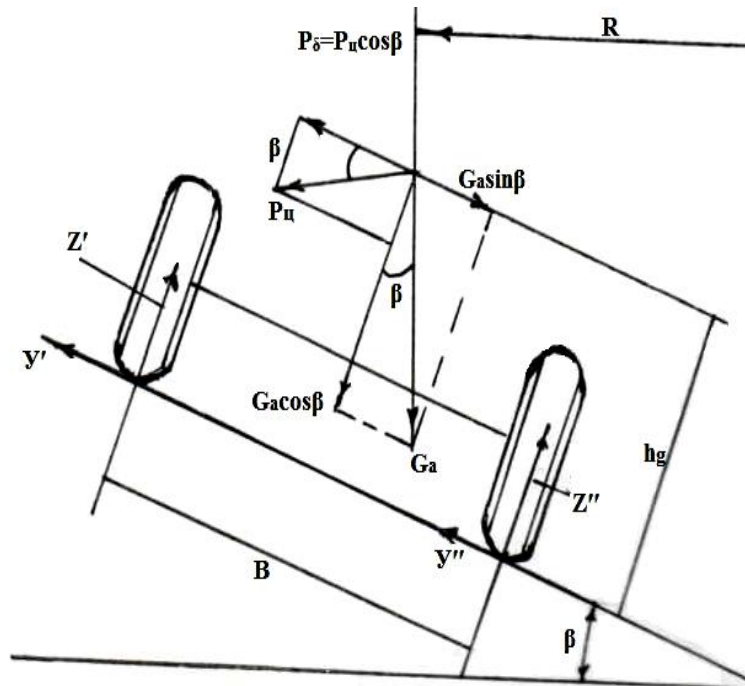


Рисунок 2-Движение автомобиля по повороту дороги, имеющий поперечный уклон, характеризуемый углом β .

Состояние неустойчивого равновесия автомобиля возникает, если опрокидывающий момент центробежной силы P_u равен восстанавливающему моменту весовой нагрузки, т.е.

$$P_u \cdot h_g = G_a \frac{B}{2}, \text{ кгс} \cdot \text{м}, \quad (8)$$

где B – колея автомобиля.

Следовательно, условием, при котором начинается опрокидывание автомобиля на повороте дороги, будет:

$$P_u \geq G_a \frac{B}{2h_g}, \text{ кгс}$$

Если автомобиль движется на повороте дороги с поперечным уклоном под углом β , содействующим устойчивости (рис.2), то предельная скорость, при которой опрокидывание уже не исключается, составит:

$$v_{on} = 3,6\eta_k \sqrt{\frac{B + 2h_g \operatorname{tg} \beta}{2h_g - B \operatorname{tg} \beta}} gR, \text{ км/ч} \quad (9)$$

Из формулы (9) следует, что критическая скорость по условиям опрокидывания зависит от многих причин: от ширины B колеи автомобиля (чем шире колея, тем большей может быть критическая скорость); от радиуса закругления R (чем меньше кривизна закругления, т.е. чем больше его радиус, тем выше критическая скорость).

Если же поперечный уклон дороги направлен в сторону, противоположную центру закругления, предельная скорость составит:

$$v_{on} = 3,6\eta_{\kappa} \sqrt{\frac{B - 2h_g \operatorname{tg}\beta}{2h_g + B \operatorname{tg}\beta}} gR, \text{ км/ч} \quad (10)$$

Из формул (9) и (10) видно, что неправильно выполненный поперечный уклон, что нередко встречается на автомобильных дорогах Республики Дагестан, значительно влияет на величину допустимой критической скорости.

Довольно часто можно наблюдать занос автомобиля. Как правило, при заносе автомобиля боковое скольжение ведущей оси всегда больше, чем ведомой. Это объясняется тем, что приложение крутящего момента к колесам существенно снижает сцепление их с дорогой в поперечном направлении.

При заносе автомобиль одновременно скользит и разворачивается, что нередко приводит к ДТП.

Занос возникает при недостаточном поперечном сцеплении шин с дорогой. Для снижения вероятности возникновения заноса на закруглениях дорог с малыми радиусами устраивают, так называемая, вираж-проезжая часть, и обочина делаются с уклоном к центру поворота дороги.

Причем переход от прямых участков дороги к ее закруглениям осуществляется постепенным наклоном проезжей части на сравнительно коротком участке, называемом отгоном виража.

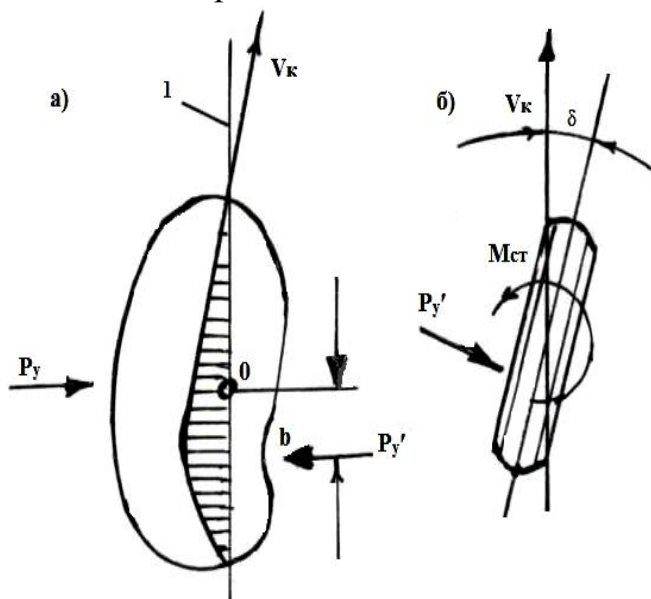


Рисунок 3 - Схема действия сил в контакте шины с дорогой и образование стабилизирующего момента: а – действие сил при небольшой величине поперечной силы; б – схемы действия стабилизирующего момента.

При переходе с прямого участка на кривую в момент поворота руля водителем на автомобиль начинает действовать центробежная сила (рис. 3). Слиш-

ком быстрое ее нарастание неприятно для пассажиров и может вызвать занос автомобиля [2,3].

Поэтому на переходной кривой, в пределах которой происходит плавное изменение кривизны от 0 на прямом участке до значения $1/R$ в месте примыкания к круговой кривой, водителю не надо делать резких поворотов руля, особенно опасных при высокой скорости.

При резком изменении направления движения – от прямолинейного на криволинейные – на автомобиль начинает действовать поперечная сила инерции, зависящая также и от угловой скорости поворота передних управляемых колес « ω ». Величина поперечной составляющей этой силы равна:

$$P'_y = \frac{G \cdot v_a \cdot \epsilon}{3,6 \cdot g \cdot L} \omega = \frac{G \cdot v_a \cdot \epsilon}{35 \cdot L} \omega \quad (11)$$

где ϵ – расстояние по горизонтали от центра масс автомобиля до задней оси, м; ω – угловая скорость поворота управляемых колес, рад/с; v_a – скорость автомобиля, км/ч.

Следовательно, если автомобиль равномерно движется по криволинейной траектории, при прохождении которой угол поворота передних колес изменяется, то центробежную силу $P_{ц}$ следует суммировать с поперечной дополнительной силой P'_y .

Суммарная поперечная сила инерции будет равна:

$$P_y = P_{ц} + P'_y = \frac{G \cdot v_a^2}{127 \cdot L} \theta = \frac{G \cdot v_a \cdot \epsilon}{35 \cdot L} \omega = \frac{G}{L} \left(\frac{v_a^2}{127 \cdot L} \theta + \frac{v_a \cdot \epsilon}{35 \cdot L} \omega \right), \text{ кгс} \quad (12)$$

Величина дополнительной поперечной силы инерции P'_y в некоторых случаях может быть весьма значительной и иногда даже превосходить величину центробежной силы, что подтверждается исследованиями проведенными кафедрой организации и безопасности движения ФГБОУ ВО «ДГТУ» на горной автодороге «Касумкент-Курах».

При неравномерном движении автомобиля по повороту, например при движении с ускорением, возникает еще одна дополнительная поперечная сила инерции:

$P''_y = \frac{G \cdot \epsilon \cdot j_a \cdot \theta}{g \cdot L}, \text{ кгс}$ и полная суммарная поперечная сила в этих случаях составляет

$$P_{y\text{об}} = P_{ц} + P'_y + P''_y \quad (13)$$

Таким образом, наибольшая вероятность потери поперечной устойчивости возникает при входе автомобиля в поворот дороги, когда одновременно с поворотом рулевого колеса происходит разгон автомобиля.

Существенное влияние на устойчивость автомобиля оказывает «боковой увод». При воздействии на шину автомобиля поперечной силы она изгибается, что сказывается на изменении направления движения (рис. 4).

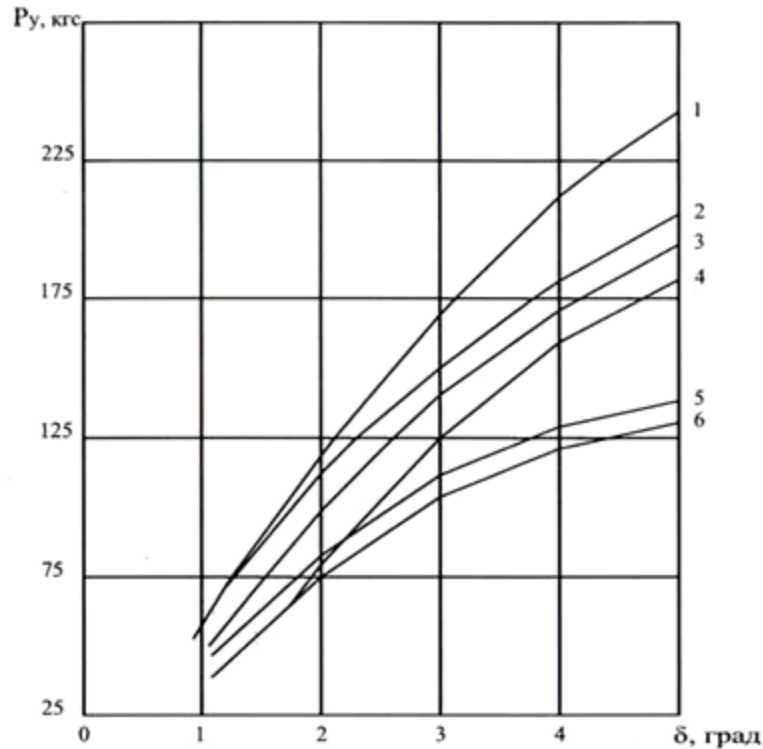


Рисунок 4 - Зависимость поперечной силы от угла увода для шин, имеющих различную нагрузку G_k и внутренне давление P_w : 1) $G_k=700$ кгс; $P_w=2,25$ кгс/см²; 2) $G_k=600$ кгс; $P_w=2,25$ кгс/см²; 3) $G_k=500$ кгс; $P_w=2,25$ кгс/см²; 4) $G_k=450$ кгс; $P_w=2,0$ кгс/см²; 5) $G_k=300$ кгс; $P_w=2,0$ кгс/см²; 6) $G_k=300$ кгс; $P_w=1,75$ кгс/см²

Колесо, не изменяя плоскости качения, будет перемещаться под некоторым углом « δ » к плоскости своего вращения. Так как колеса на каждой оси связаны друг с другом, то практически они имеют одинаковый угол увода их оси.

Боковой увод колеса оценивается либо величиной угла « δ », который принято называть углом бокового увода, либо коэффициентом сопротивления боковому уводу « K_y », представляющим собой производную поперечной силы P_y по углу увода:

$$K_y = \frac{dP_y}{d\delta} \quad (14)$$

Коэффициент K_y характеризует склонность шины к уводу и зависит от ее конструкции (высоты и ширины профиля, угла нитей корда, слойности), ширины обода, давления воздуха в шине и нагрузки на колесо G_k .

При качении колеса с уводом шина испытывает сложную деформацию. Для каждой шины существует определенная наибольшая поперечная сила и наибольший угол бокового увода, при котором еще не происходит проскальзывание протектора в боковом направлении.

Эпюра распределения касательных напряжений вдоль контакта показана на рис.5.

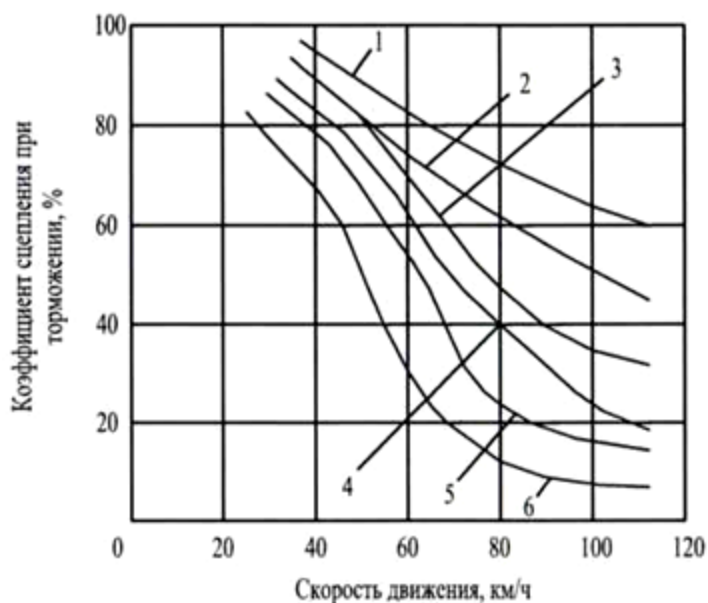


Рисунок 5—Зависимость коэффициента сцепления от скорости при различной степени износа рисунка протектора при движении по дороге, покрытой слоем воды 2,0÷2,5 мм: глубина рисунка протектора: 1÷8 мм; 2÷6 мм; 3÷4 мм; 4÷2 мм; 5÷10 мм; 6÷0 мм.

Результирующая реакция дороги P'_y , оставаясь равной и направленной противоположно поперечной силе P_y , уже не проходит через центр контакта O , а снижена относительно него на некоторую величину « v ». Она создает момент относительно центра контакта, стремящейся повернуть колесо в линию с направлением движения.

Стабилизирующий момент $M_{ст}$ способствует сохранению нейтрального положения управляемых колес при движении автомобиля.

Исследования, проведенные кафедрой организации и безопасности движения ФГБОУ ВО «ДГТУ» на участке горной дороги позволили получить зависимость между поперечной силой P_y и углом увода для ряда шин с различной нагрузкой и внутренним давлением (рис.5).

Когда поперечная сила P_y сравнивается по величине с силой сцепления $P_\phi = \phi \cdot Z'$, начинается полное скольжение шины.

Из уравнения (14) следует, что угол увода $\delta = \frac{P_y}{K_y}$, рад или $\delta = \frac{P_y}{K_y \cdot 57,3}$, град. Обозначив произведение $K_y \cdot 57,3 = K'_y$, получим $\delta = \frac{P_y}{K'_y}$, град.

Пользуясь данными о величине коэффициента сопротивления уводу K_y , можно определить, при каком угле увода возможен занос автомобиля.

Очевидно, что начало заноса возможно при равенстве сил сцепления в поперечном направлении P'_ϕ и поперечной силы P_y .

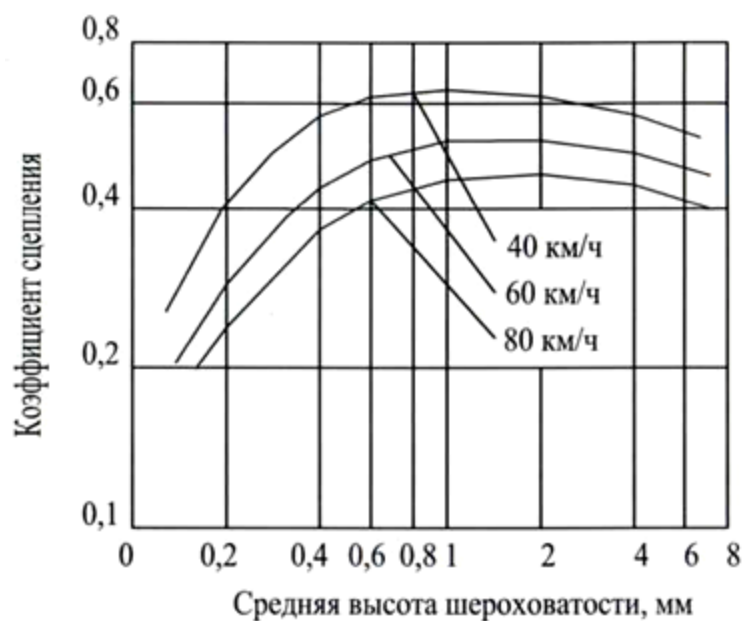


Рисунок 6 - Зависимость коэффициента продольного сцепления от средней высоты выступов шероховатости дорожного покрытия при разных скоростях движения транспортного средства

При дождях, наличие на поверхности покрытия слоя воды, вызывает уменьшение адгезионных сил в площади контакта шины с покрытием дороги.

У легковых автомобилей, движущихся с высокой скоростью, возможны потеря управляемости и значительное снижение эффективности торможения. Это снижение возрастает на гладких покрытиях и при сильно изношенном протекторе, т.е. происходит гидроскольжение (аквапланирование).

Величина сил сцепления и трения элементов шины с покрытием зависит от многих факторов, в том числе и от скорости движения и увлажненности опорной поверхности.

При их увеличении силы трения и сцепления с дорогой уменьшаются, так как затрудняется удаление влаги из зоны контакта, а силы, необходимые для преодоления инерции и вязкости воды, возрастают. При определенной толщине водяной пленки, скапливающейся перед шиной и высокой скорости движения из-за действия гидродинамических сил в местах контакта шина всплывает на пленке жидкости.

Эффективное удаление воды из зоны контакта обеспечивается, в первую очередь, рисунком протектора. Исследования, проведенные кафедрой организации и безопасности движения ФГБОУ ВО «ДГТУ» на горной дороге «Касумкент-Курах» позволили изучить влияние износа шин на величину коэффициента сцепления при движении по покрытию дороги, покрытой слоем воды 2,0÷2,5 мм (рис.6), а также влияние высоты выступов шероховатости покрытия на износ шин (рис.7).

Экспериментальные исследования показали, что высота выступов шероховатости дорожных покрытий имеет оптимальное значение, превышение которого приводит к некоторому снижению коэффициента сцепления.

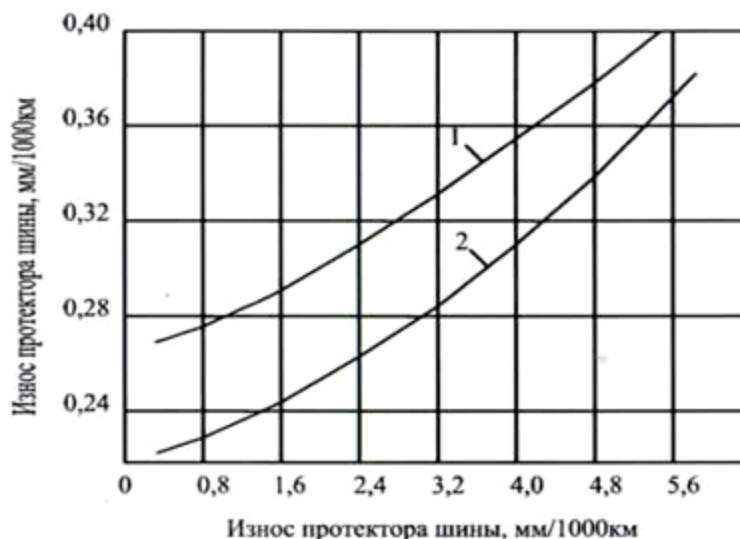


Рисунок 7- Зависимость износа протектора шин от средней высоты выступов шероховатости: щебень из карьера 1; щебень из карьера 2.

Одновременное увеличение размеров шероховатости дорожных покрытий выше оптимального, увеличивает интенсивность износа протектора автомобильных шин, а также способствует увеличению уровня шума, возникающего при качении шин (рис.7).

Движение по дорогам, всегда имеющим неровности, сопровождается непрерывными колебаниями поддресоренных и неподдресоренных частей автомобиля. Поскольку колеса при качении по дороге испытывают толчки и удары, детали подвески находятся под воздействием динамических нагрузок, которые на дорогах с покрытием плохого качества превышают статистические почти в 2,5-3 раза.

С техническим состоянием передней подвески непосредственно связаны управляемость и устойчивость автомобиля, особенно при высоких скоростях движения.

Так как автомобиль является сам по себе колебательной системой с определенными параметрами, совместные действия колебаний от возмущающих сил от неровностей дороги и собственных приведут к новому характеру колебаний автомобиля.

При движении происходит периодический отрыв колес от поверхности дороги. При высокой скорости достаточно только поворота рулевого колеса, чтобы поперечные силы вывели автомобиль за проезжую часть дороги.

На условия движения автомобиля существенное влияние оказывают амортизаторы [3].

Исследованиями на участке автомобильной дороги «Касумкент-Курах» с твердым асфальтобетонным покрытием и на участке без асфальтобетонного покрытия при скорости движения 70÷75 км/час было установлено влияние амортизаторов на условия движения (рис.8).

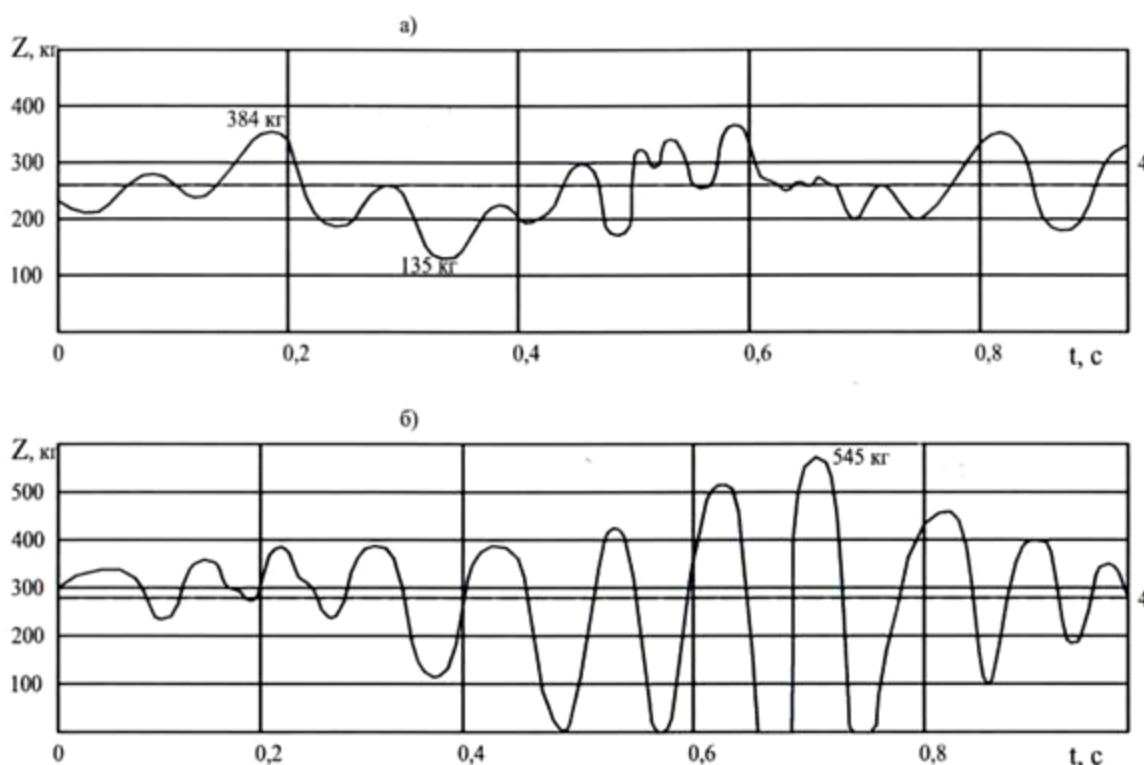


Рисунок 8. - Влияние амортизаторов на условия движения автомобиля.

При исправных амортизаторах изменения вертикальных нагрузок на колеса и колебаний их относительно кузова не выходили за допустимые пределы (рис. 8а). При неисправных амортизаторах вертикальная нагрузка Z за 1 с. движения несколько раз падала до нуля, что означает - колеса автомобиля отрывались от дороги.

На рис. 8 «б» видно, что на участке, который автомобиль прошел за 0,3 с., т.е. на пути около 6 м, колеса четыре раза оторвались от дороги. При повороте рулевого колеса поперечные силы на таком участке могли вывести автомобиль за проезжую часть дороги.

Для равнинных и горных районов Республики Дагестан важное значение имеет сохранение устойчивости транспортных средств от воздействия бокового ветра, которое наблюдается довольно часто на протяжении календарного года. События приведшие к опрокидыванию легкового автомобиля и автобуса малой вместимости от бокового ветра на трассе «Каспийск-Махачкала» не оставляют в этом сомнения.

При этом необходимо знать порывистость, скорость и направление ветра. Следует иметь в виду, что устойчивость автомобиля, как правило, нарушается при порывах ветра. Поэтому в расчетах устойчивости автомобиля помимо определения средней скорости ветра учитывается и коэффициент порывистости $K_{п}$.

Коэффициент порывистости – это отношение максимальной скорости при порывах $V_{\text{пmax}}$ к средней скорости ветра $V_{\text{ср}}$. Обычно $K_{\text{п}}=1,6\div 1,8$. Средняя скорость ветра в течение некоторого времени T может быть определена по формуле

$$V_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt \quad (15)$$

где $V(t)$ – функция изменения скорости ветра во времени.

При сильном порыве к автомобилю прикладывается некоторая боковая сила, вызванная давлением ветра, величину которой можно определить по формуле:

$$P_{\text{б}} = K_{\text{б}} \cdot F_{\text{б}} (V_{\text{б}} \cdot \sin \gamma) \quad (16)$$

где $K_{\text{б}}$ – коэффициент боковой обтекаемости автомобиля; $F_{\text{б}}$ – площадь сечения автомобиля, проходящая через продольную ось (боковая площадь), м^2 . Для практических расчетов боковой коэффициент обтекаемости $K_{\text{б}}$ принимают равным для легковых автомобилей 0,063-0,08; автобусов 0,08-0,09; грузовых автомобилей 0,1-0,125 [3].

После определения силы бокового ветра $P_{\text{б}}$ и координат центра парусности можно исследовать, как такой ветер влияет на поперечную и продольную устойчивость, т.е. установить возможность опрокидывания ТС, характер его движения и возможность возникновения заноса.

Вывод.

1. При резком изменении направления движения от прямолинейного на криволинейное, на транспортное средство начинает действовать поперечная сила, зависящая также от угловой скорости управляющих колес.

2. Экспериментальными исследованиями установлена зависимость поперечной силы от угла увода для шин автомобильных колес с различной нагрузкой и внутренним давлением. При равенстве поперечной силы P_y и силы сцепления $P_{\text{ф}}$ начинается полное скольжение шины. На увлажненных покрытиях в связи с резким снижением коэффициента сцепления «ф» это состояние наступит гораздо раньше.

3. Экспериментальные исследования показали, что при неисправностях подвески и амортизаторов при движении происходит периодический отрыв колес от поверхности дороги и при повороте рулевого колеса поперечные силы могут вывести автомобиль за проезжую часть или на встречную полосу.

Библиографический список:

1. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Учебник под редакцией Варданяна Г.С. – М., Издательство АСВ, 1995.-568 с.
2. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для вузов.-М., Транспорт, 1989.-255 с.

3. Залимханов Т.Б. Разработка принципов и алгоритмов работы системы предупреждения опрокидывания автобуса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Волгоград, 2013.

References:

1. Strength of materials with the basics of the theory of elasticity and plasticity. The textbook, edited by GS Vardanyan - M., ACB Publisher, 1995.-568 p.
2. V.A Ilarionov Examination of road accidents: A Textbook for vuzov.-M, Transport, 1989.-255 p.
3. T.B Zalimhanov Development of guidelines and algorithms bus rollover warning system. Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences. - Volgograd 2013.