

УДК 625.765.001.5

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ УВОДА КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ И РАСЧЕТА ИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ УВОДА

Мараткызы Альбина

arpabekov_m@mail.ru

Студентка транспортно-энергетического факультета ЕНУ им.Л.Н.Гумилева,

Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – А.Р. Бижанов

У колеса, снабженного эластичной шиной, под действием боковой силы происходит боковая деформация элементов, расположенных между контактной площадкой и ободом. В результате этого катящееся колесо движется одновременно со скоростями V_x (в плоскости вращения) и V_y (перпендикулярно этой плоскости). Вектор скорости V_k колеса, равный геометрической сумме скоростей V_x и V_y , отклоняется от плоскости вращения на некоторый угол. Отклонение вектора скорости эластичного колеса от плоскости его вращения при действии любой по величине боковой силы называется явлением бокового увода (или просто уводом), а угол между этим вектором и плоскостью вращения - углом увода.

Скольжение в контакте не изменяет формы траектории установившегося качения колеса с уводом, но влияет на соотношение между боковой силой P_y и обусловленным ею углом увода. На известной экспериментально полученной кривой зависимости P_y от угла увода (рисунок 1) можно условно выделить три участка. При изменении от нуля до некоторого значения, различного для разных шин, нормальных нагрузок и коэффициентов трения между шиной и опорной поверхностью, зависимость P_y от почти линейна (участок об) $P_y = K_y \times$ Этот участок соответствует значениям P_y , при которых зона скольжения мала.

Коэффициент K_y называется коэффициентом сопротивления уводу. Он равен боковой силе, вызывающей увод с углами $= 1^\circ$ ($= 1$ рад) и выражается в $\text{Н} / ^\circ$ ($\text{Н} / \text{рад}$).

Участок bc соответствует значениям P_y , при которых скольжение происходит на значительной части контактной площадки, тем большей, чем больше P_y . В точке c сила P_y достигает значения, максимально возможного по условиям сцепления, а на участке cd определяется равенством

$$P_{y\max} = R_z \times \mu_y,$$

где R_z - радиальная нагрузка на колесе; μ_y - коэффициентом поперечного сцепления.

Условно на участке $0c$ боковое перемещение колеса под действием силы P_y называют боковым уводом, а на участке cd - боковым скольжением. Значение угла, при котором начинается боковое скольжение, зависит от конструкции шины, нормальной нагрузки, коэффициента μ_y и ряда других факторов. Обычно на сухой твердой опорной поверхности $= 12-20^\circ$.

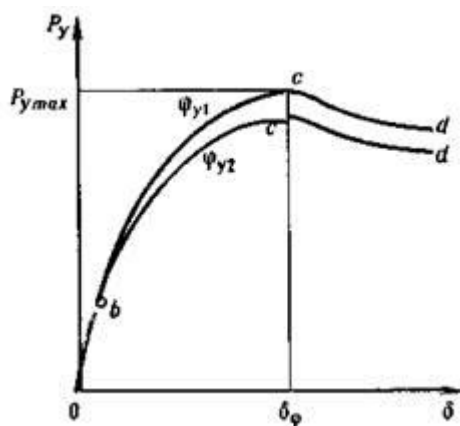


Рисунок 1. Известная зависимость боковой силы P_y от угла увода

Известно, что величина коэффициента сопротивления уводу зависит от множества конструктивных и эксплуатационных факторов. К ним относятся ширина и высота профиля шины, угол наклона нитей корда и число их слоев, давление воздуха в шине, нормальные и касательные нагрузки, режим движения колеса и многое другое. Влияние размеров шин тороидного сечения на коэффициент сопротивления боковому уводу с достаточной степенью точности описывается известной эмпирической формулой

$$K_y = 780(d_{\text{ш}} + 2B_{\text{ш}})B_{\text{ш}}(98 + p_{\text{ш}})$$

где $d_{\text{ш}}$ и $B_{\text{ш}}$ - посадочный диаметр и ширина профиля шины соответственно, м; $p_{\text{ш}}$ - давление воздуха в шине, кПа.

Также известно, что увеличение слоев корда и уменьшение угла наклона нитей приводит к росту K_y , причем у шин с радиальным расположением нитей корда больше, чем у диагональных, оказывает влияние конструкция бреккера и материал корда. Радиальные шины с металлическим кордом имеют на 30-50 % более высокие коэффициенты K_y , чем такие же шины с текстильным кордом. При износе протектора шины коэффициент сопротивления уводу также растет, и у значительно изношенной шины он увеличивается на 30-40 %. С увеличением внутреннего давления в шине коэффициент сопротивления боковому уводу также растет, причем наибольшего значения для шин под номинальной нагрузкой K_y достигает при давлении, значительно большем рекомендуемого для данной шины. При дальнейшем увеличении давления в шине коэффициент сопротивления боковому уводу уменьшается за счет уменьшения длины контакта шины с опорной поверхностью. Для

шин уже заданной конструкции и размера наиболее существенное влияние оказывают силы, действующие на колесо. Прежде всего, это нормальная нагрузка, с увеличением которой сопротивление боковому уводу увеличивается, затем несколько падает. Максимум коэффициента сопротивления боковому уводу достигается при номинальной нагрузке для данной шины. Значительное влияние на сопротивление уводу оказывают продольные касательные реакции при качении колеса в тяговом и тормозном режимах. С увеличением этих сил сопротивление уводу уменьшается.

Д.А. Антоновым[1] была разработана теория нелинейного увода, в которой учитывается как влияние множества факторов на сопротивление уводу, так и переменность самих факторов в процессе качения шины. Он предложил определять значение коэффициента сопротивления боковому уводу в функции некоторой постоянной величины этого коэффициента и ряда переменных коэффициентов, являющихся функциями нормальной нагрузки, тангенциальной реакции, коэффициента сцепления и других, называемых коэффициентами коррекции, каждый из которых меньше единицы, по формуле

$$K_y = K_{y0} q_N q_T q_s q_m q_b q_n q_g.$$

По результатам многочисленных экспериментальных исследований были получены эмпирические зависимости для расчета коэффициентов коррекции и постоянной K_{y0} .

$$K_{y0} = 1000 N_k D_{ш} B / (N_k + 10) + 6,2 B H D_{ш} / (d_{ш}^3 (8 + N_k) (D_{ш}^2 - d_{ш}^2) d_{ш})$$

где N_k - число слоев корда шины; $D_{ш}$ - наружный диаметр шины; B - ширина профиля шины.

Коэффициент коррекции по нормальной нагрузке может быть определен по формуле, предложенной А. С. Литвиновым [2]

$$q_N = 2,4 \frac{R_z}{R_{zr}} - 1,8 \left(\frac{R_z}{R_{zr}} \right)^2 + 0,4 \left(\frac{R_z}{R_{zr}} \right)^3$$

где R_{zr} - нормальная реакция, при которой величина K_{y0} максимальная.

Коэффициент коррекции по тангенциальной реакции определяется в зависимости от значения коэффициента использования k_s силы сцепления.

При тяговых нагрузках[2]

$$q_T = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{R_x}{\varphi R_z} \right)^2}}{1 + \frac{0,375 R_x}{R_z}}$$

при $k_s \leq 0,5$

$$q_T = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{R_x}{\varphi R_z} \right)^2}}{1 + 3 \left(1 - \left| \frac{R_x}{\varphi R_z} \right| \right) \left(0,08 + 0,17 \frac{R_z}{R_{z\text{пек}}} \right) \left(1 - \frac{R_y}{R_{y\text{пр}}} \right) \frac{R_x}{R_z}}$$

при $k_s > 0,5$

Здесь R_{zn} - номинальная нормальная нагрузка на шину; R_{ys} - предельная по сцеплению боковая сила.

При тормозных нагрузках[2]

$$q_T' = q_T + \frac{4\varphi R_z \left(0,5 - \frac{R_x}{\varphi R_z} \right)}{q_N k_{y0}}$$

Для учета влияния сцепления шин с дорогой коэффициент коррекции рассчитывается по формуле[2]

$$q_z = \frac{\arctg \left[\frac{q_N k_{y0} \pi}{2\varphi R_z} (\delta - 0,026) \right]}{\frac{q_N k_{y0} \pi}{2\varphi R_z} (\delta - 0,026)}$$

При движении автомобиля по деформируемой поверхности коэффициент коррекции по грунту определяется из формулы[2]

$$qg = [1 + (15) \cdot 1] \cdot 1$$

Так как влияние других коэффициентов относительно невелико по сравнению с рассмотренными выше, при отсутствии расчетно-экспериментальных зависимостей, их определяющих, допустимо их принимать равными единице.

Значение коэффициента K_y зависит от размеров шины, ее конструкции, нормальной нагрузки P_z , давления воздуха в шине. При одинаковой конструкции шины коэффициент K_y тем больше, чем больше ее размеры. Он увеличивается с увеличением слоистости каркаса, с уменьшением отношения высоты протектора к его ширине, уменьшением толщины протектора, зависит от строения каркаса, состава шинных материалов, технологии изготовления шины.

Для грузовых автомобилей, с достаточной точностью для практического использования, коэффициент сопротивления боковому уводу можно определить из выражения [3]:

$$K_y / R_z = 4 - 6$$

Таким образом можно вычислять коэффициенты сопротивления уводу колес автомобилей для каждого конкретного случая.

Список использованных источников

1. Антонов Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / М.: машиностроение, 1978
2. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / М.: Машиностроение, 1971
3. <http://www.transentry.ru/wots-1117-1.html>