

Сабадаш Владимир Викторович, к.т.н., в.н.с., Харьковский научно-исследовательский институт судебных экспертиз им. Засл. проф. Н. С. Бокариуса

Воробьев Юрий Анатольевич, к.т.н., проф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», yuriy.vorobyov@gmail.com

Клец Дмитрий Михайлович, д.т.н., доц., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», d.m.klets@gmail.com

Варлахов Виталий Александрович, с.н.с., Харьковский научно-исследовательский институт судебных экспертиз им. Засл. проф. Н. С. Бокариуса

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ НА КОЛЕСАХ АВТОМОБИЛЯ

Значительная часть дорожно-транспортных происшествий связана с потерей автотранспортными средствами устойчивости движения и положения [1]. На указанные эксплуатационные свойства оказывает существенное влияние распределение нормальных и боковых реакций дороги между колесами одной оси автомобиля [2]. В настоящее время в экспертной практике недостаточно отработана методика, связанная с исследованием зависимости нормальных реакций дороги от важнейших конструктивных и эксплуатационных характеристик автомобиля, а также параметров его движения. В связи с этим, актуальным является вопрос оценки устойчивости автомобиля при выполнении маневра с учетом распределения реакций дороги между его колесами.

Оценочные показатели устойчивости транспортных средств и методы оценки результатов испытаний определены руководящим документом РД 37.001.005-86 «Методика испытаний и оценки устойчивости управления транспортными средствами» [3]. Однако указанный документ не соответствует возрастающим требованиям активной безопасности автомобиля и не отвечает ряду современных международных стандартов [4]. В работах Чудакова Е. А. [5] и Певзнера Я. М. [6] предложена методика оценивания распределения боковых реакций между колесами одной оси автомобиля. При этом распределение боковых реакций в плоскости дороги рассматривается с точки зрения достижения ими предельных значений по сцеплению.

Учёными Харьковского национального автомобильно-дорожного университета предложена расчетная схема [2] для определения нормальных и боковых реакций на колесах одной оси (на различных бортах) автомобиля путем составления уравнений статики. При этом задача определения боковых реакций на колесах становится статически определимой. Предложенные зависимости позволяют определять нормальные и боковые реакции на колесах для случая движения автомобиля на поперечном уклоне и на повороте. Однако данная методика не позволяет определить момент потери устойчивости автомобиля против опрокидывания.

Отношение нормальных реакций на колесах автомобиля можно определить с помощью следующей зависимости

$$\frac{R_z'}{R_z''} = \frac{\frac{h}{B} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{V^2}{gR} \right) G}{\left[1 - \frac{h}{B} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{V^2}{gR} \right) \right] G}. \quad (1)$$

где R_z' – нормальная реакция дороги на внутреннем, менее нагруженном колесе; R_z'' – нормальная реакция дороги на наружном, более нагруженном колесе; h – высота центра масс автомобиля; B – колея колес; α – угол поперечной устойчивости машины; V – линейная скорость автомобиля; R – радиус поворота автомобиля; G – вес автомобиля.

Потеря устойчивости автомобиля против опрокидывания в данном случае будет происходить при выполнении условия $R_z' / R_z'' \leq 0$. При $R_z' / R_z'' = 0$ автомобиль будет находиться в состоянии безразличного равновесия, т.е. на грани потери устойчивости. Определим, при каком радиусе R_0 поворота автомобиля отношение нормальных реакций будет равняться нулю, т.е. нормальная реакция дороги на внутреннем, менее нагруженном колесе $R_z' = 0$:

$$R_0 = \frac{V^2}{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}. \quad (2)$$

Угол поворота управляемых колес автомобиля θ_0 , при котором будет выполняться условие $R_z' / R_z'' = 0$ равен

$$\theta_0 = \operatorname{arctg} \left(\frac{L \cdot g \cdot B}{2 \cdot h \cdot V^2} \right). \quad (3)$$

где L – колесная база автомобиля.

Определим, при какой скорости V_0 движения автомобиля на повороте отношение нормальных реакций будет равняться нулю:

$$V_0 = \sqrt{\frac{L}{\operatorname{tg} \theta} \cdot g \cdot \frac{B}{2 \cdot h}}. \quad (4)$$

Зависимость отношения нормальных реакций на колесах автомобиля в зависимости от радиуса поворота и скорости его движения на примере Mercedes-Benz E350 4Matic приведена на рис. 1.

Анализ рис. 1 показывает, что при вхождении исследуемого автомобиля в поворот радиусом 200 м и более, устойчивость по условию $R_z' / R_z'' \geq 0$ сохраняется на любых скоростях движения. Максимальное значение скорости из условия безопасного движения исследуемого автомобиля на повороте радиусом 100 м составляет 130 км/ч, 50 м – 90 км/ч, 30 м – 68 км/ч. Погрешность результатов моделирования, по сравнению с результатами

«лосинового теста», приведенными шведскими исследователями Teknikens Värld [7], не превышает 7%.

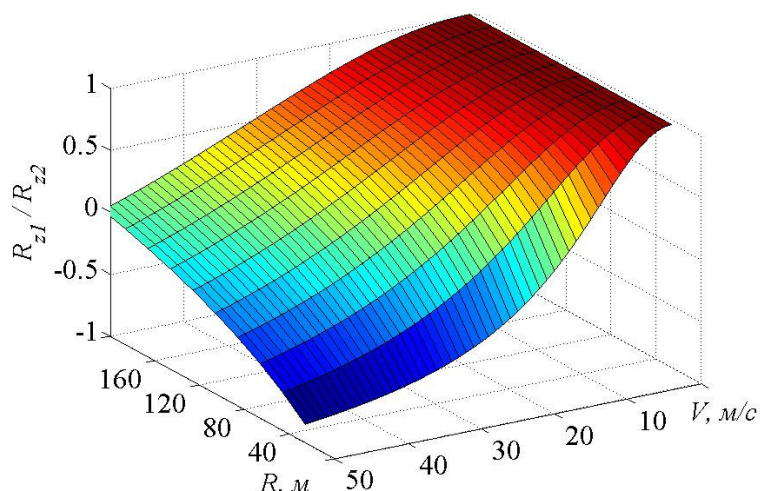


Рисунок 1 – 3D поверхность, отображающая взаимосвязь R_z' / R_z'' (R, V)

Таким образом, предложенная экспертная методика оценки распределения реакций дороги между колесами автомобиля позволяет определять максимальные значения скорости, угла поворота управляемых колес и радиуса поворота автомобиля из условия безопасного движения, а также момент времени потери устойчивости при входе и выходе из поворота.

Литература

1. Клец Д. М. Концепція забезпечення стабільності показників стійкості та керованості автомобілів [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / Клец Дмитро Михайлович; Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Х., 2015. – 40 с.
2. Подригало М. А. Распределение реакций дороги между колесами одной оси автомобиля [Текст] / М. А. Подригало, Д. М. Клец, О. А. Назарько // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2010. – № 6 (148). – С. 26-30.
3. РД 37.001.005-86. Методика испытаний и оценки устойчивости управления автотранспортными средствами. М.: Минавтопром, 1986. – 24 с.
4. Шадрин С. С. Методика расчетной оценки управляемости и устойчивости автомобиля на основе результатов полигонных испытаний: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины» / С. С. Шадрин. – М., 2009. – 132 с.
5. Чудаков Е. А. Боковая устойчивость автомобиля при торможении [Текст] / Е. А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1952. – 183 с.
6. Певзнер Я. М. Исследование движения автомобиля при заносе [Текст]: дис. канд. техн. наук: 02.02.02 / Певзнер Яков Мануилович, М., 1937. – 100 с.
7. Resultat i Teknikens Världs älgtest [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://teknikensvarld.se/algtest/>.