

ВЫПИСКА

из протокола заседания секции по судебной автотехнической экспертизе Научно-методического совета РФЦСЭ при Минюсте России

6.12.2004 г.

г.Москва

Присутствовали: Григорян В.Г., Кренцель Р.Б., Николаев Д.А., Аверьянов В.Н., Давидов В.Г., Калинин Е.М., Китайгородский Е.А., Малаха В.В., Чава И.И.

1. Рассмотрение и обсуждение «Методических рекомендаций по определению возможности возникновения заноса при резком повороте рулевого колеса» (автор Григорян В.Г., РФЦСЭ).

Решили:

1. Рекомендовать «Методические рекомендации по определению возможности возникновения заноса при резком повороте рулевого колеса» для утверждения на научно-методическом совете РФЦСЭ при Минюсте России и публикации ее в изданиях РФЦСЭ.

Зам. председателя секции

Р.Б. Кренцель

Секретарь

Д-А. Николаев



Григорян Вараздат Гевондович
заведующий лабораторией
судебной автотехнической
экспертизы РФЦСЭ при
Министерстве юстиции
Российской Федерации

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАНОСА АВТОМОБИЛЯ ПРИ РЕЗКОМ ПОВОРОТЕ РУЛЕВОГО КОЛЕСА (методические рекомендации)

В настоящее время в экспертной практике отсутствует методика, позволяющая определить вероятность возникновения заноса автомобиля в конкретной дорожно-транспортной ситуации.

Во многом это можно объяснить тем, что теоретическое исследование процесса заноса автомобиля с учетом всех связей между его отдельными элементами, состояния проезжей части и действий водителя, представляет задачу большой сложности. Между тем актуальность экспертных задач, связанных с заносом автомобиля, с каждым годом только возрастает, так как занос является причиной большого числа дорожно-транспортных происшествий.

Поэтому представляется целесообразным в зависимости от конкретной цели и степени приближенности решения задач, представлять автомобиль расчетной моделью, в которой рассматриваются только те связи, которые больше остальных влияют на результаты исследования. Однако следует учитывать, что значительное упрощение расчетной модели автомобиля может привести к ошибке не только в количественной, но и в качественной точности отображения процесса заноса.

В данной работе рассматривается условие возникновения заноса автомобиля, движущегося с постоянной скоростью в прямолинейном направлении, в результате резкого поворота рулевого колеса.

Для этой цели может быть принята плоская од-номассовая расчетная модель, показанная на рис. 1.

В этом случае автомобиль представляется в виде двухколесной тележки. Каждое из двух колес оси считается нагруженным одинаковыми силами (нормальными, касательными и боковыми). Кроме того, принимаем, что оба

колеса каждой из осей имеют одинаковые углы увода, а оба управляемых колеса повернуты на один и тот же угол.

Для описания движения указанной модели свяжем с автомобилем подвижную систему координат $xuyz$. Начало этой системы совместим с центром тяжести автомобиля; ось x направим по продольной оси автомобиля, а ось y - перпендикулярно продольной симметрии автомобиля, ось z - перпендикулярно плоскости дороги.

Будем считать положительным продольное перемещение (по оси x) центра тяжести в случае, когда автомобиль движется вперед. Для поперечного (по оси y) в качестве положительного выбираем перемещение в сторону мгновенного центра поворота автомобиля. Проекции внешних сил и реакций дороги будем считать положительными, если их направления совпадают с положительными направлениями перемещений.

Движение автомобиля, представленной расчетной моделью, может быть описано системой трех уравнений:

$$M_{ax}^j = \sum X_2 - \sum X_1 \cdot \cos \theta_{1cp} - \sum Y_1 \cdot \sin \theta_{1cp} - P_x; \quad (1)$$

$$M_{ay}^j = \sum Y_2 + \sum Y_1 \cdot \cos \theta_{1cp} - \sum X_1 \cdot \sin \theta_{1cp} - P_y; \quad (2)$$

$$\mathfrak{S}_z \dot{\omega}_a = \sum Y_1 \cdot a \cdot \cos \theta_{1cp} - \sum Y_2 \cdot b - \sum X_1 \cdot a \cdot \sin \theta_{1cp} - M_z; \quad (3)$$

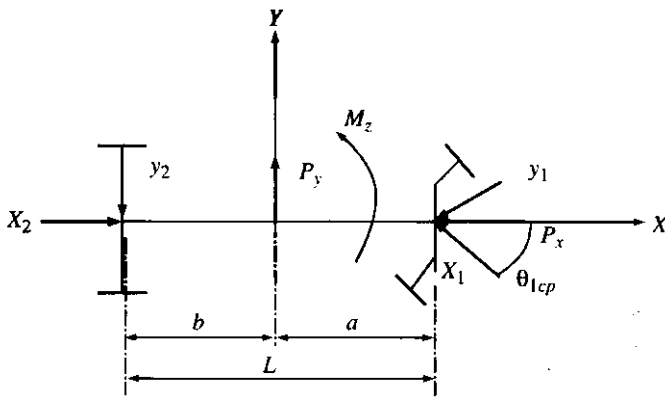


Рис. 1. Плоская расчетная модель автомобиля

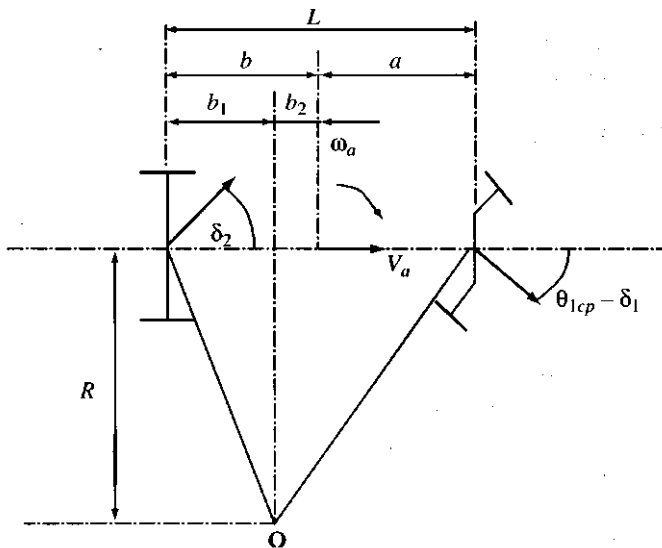


Рис. 2. Схема для определения зависимостей кинематических параметров автомобиля

- где: M_a – масса автомобиля;
 j_x и j_y – ускорение центра тяжести автомобиля соответственно в направлении осей x и y ;
 ΣX_1 и ΣX_2 – суммарные касательные реакции, действующие на оба колеса соответственно передней и задней осей автомобиля;
 ΣY_1 и ΣY_2 – суммарные боковые реакции, действующие на оба колеса соответственно передней и задней осей автомобиля;
 P_x и P_y – сумма проекций на оси x и y внешних сил, действующих на автомобиль соответственно;
 \mathfrak{J}_z – момент инерции автомобиля относительно оси z ;
 θ_{1cp} – средний угол поворота управляемых колес;

ω_a и $\dot{\omega}_a$ – угловая скорость и угловое ускорение автомобиля относительно оси z соответственно;

M_z – сумма внешних моментов, действующих на автомобиль, относительно оси z .

За начало заноса автомобиля примем условие, при котором сумма боковых сил, действующих на автомобиль, превышает силу сцепления колес с опорной поверхностью.

Из уравнения (2) получим:

$$\Sigma Y_2 + \Sigma Y_1 \cdot \cos \theta_{1cp} = M_a j_y + \Sigma X_1 \cdot \sin \theta_{1cp} + P_y. \quad (4)$$

Определим зависимости между кинематическими параметрами движения автомобиля с помощью схемы, приведенной на рис. 2.

$$j_x = \frac{dV_a}{dt} - b_2 \omega_a^2; \quad (5)$$

$$j_y = R \omega_a^2 + b_2 \frac{d\omega}{dt}. \quad (6)$$

Угловая скорость автомобиля может быть выражена через поступательную скорость V_a и радиус поворота R :

$$\omega_a = \frac{V_a}{R} = \frac{V_a}{L} [tg \delta_2 + tg(\theta_{1cp} - \delta_1)]; \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\omega_a}{dt} &= \frac{tg \delta_2 + tg(\theta_{1cp} - \delta_1)}{L} \frac{dV_a}{dt} + \\ &+ \frac{V_a}{L} \frac{d}{dt} [tg \delta_2 + tg(\theta_{1cp} - \delta_1)] = \\ &= \frac{tg \delta_2 + tg(\theta_{1cp} - \delta_1)}{L} \frac{dV_a}{dt} + \frac{V_a}{L} \times \\ &\times \left[\frac{1}{\cos^2 \delta_2} \frac{d\delta_2}{dt} + \frac{1}{\cos^2(\theta_{1cp} - \delta_1)} \frac{d\theta_{1cp} - d\delta_1}{dt} \right] = \\ &= \frac{1}{R} \frac{dV_a}{dt} + \frac{V_a}{L} \left[\frac{R^2 + b_1^2}{R^2} \frac{d\delta_2}{dt} + \right. \\ &\left. + \frac{R^2 + a_1^2}{R^2} \left(\frac{d\theta_{1cp}}{dt} - \frac{d\delta_1}{dt} \right) \right]. \quad (8) \end{aligned}$$

Подставляя значения (7) и (8) в (6), найдем

$$\begin{aligned} j_y &= \frac{V_a^2}{R} + b_2 \left\{ \frac{1}{R} \frac{dV_a}{dt} + \frac{V_a}{L} \left[\frac{R^2 + b_1^2}{R^2} \frac{d\delta_2}{dt} + \right. \right. \\ &\left. \left. + \frac{R^2 + a_1^2}{R^2} \left(\frac{d\theta_{1cp}}{dt} - \frac{d\delta_1}{dt} \right) \right] \right\}. \quad (9) \end{aligned}$$

С учетом полученного значения для j_y

$$\begin{aligned} \sum Y_2 + \sum Y_1 \cos \theta_{1cp} = M_a \left\{ \frac{V_a^2}{R} + b_2 \left[\frac{1}{R} \frac{dV_a}{dt} + \frac{V_a}{L} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \left[\frac{R^2 + b_1^2}{R^2} \frac{d\delta_2}{dt} + \frac{R^2 + a_1^2}{R^2} \left(\frac{d\theta_{1cp}}{dt} - \frac{d\delta_1}{dt} \right) \right] \right\} + \right. \\ \left. + \sum X_1 \sin \theta_{1cp} + P_y \leq M_a g \varphi. \right. \end{aligned} \quad (10)$$

Подставляя начальные условия движения автомобиля – равномерное ($V_a = \text{const}$), прямолинейное ($R = \infty$) и принимая δ_1 , δ_2 и P_y равными нулю, получим

$$\frac{d\theta_{1cp}}{dt} < \frac{g\varphi L}{bV_a}. \quad (11)$$

Из выражения (11) следует, что чем быстрее поворот управляемых колес, тем больше вероят-

ность заноса автомобиля. Кроме того, занос зависит также от базы автомобиля L , расстояния от центра тяжести автомобиля до его задней оси δ , коэффициента сцепления шин с дорогой φ и скорости движения автомобиля V_a .

Пример: $L = 2,46$ м; $b = 1,24$ м; $V_a = 60$ км/ч (16,67 м/с);

$\varphi = 0,2$.

Решение:

Из формулы (11) определим значение скорости поворота управляемых колес автомобиля, при котором еще не наступает занос автомобиля.

$$\frac{d\theta}{dt} < \frac{9,81 \cdot 0,2 \cdot 2,46}{1,24 \cdot 16,67} \approx 0,23 \text{ рад/с} \approx 13,39 \text{ град/с}.$$

Зная зависимость между углами поворота управляемых колес и рулевого колеса, при необходимости можно установить и допустимую скорость поворота последнего из условия возникновения заноса.