

Способ определения скорости автобуса в момент опрокидывания

Б.Ю. Калмыков, А.С. Гармидер

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты

Аннотация: Рассматривается способ определения скорости автобуса перед его опрокидыванием. Согласно проведенным статистическим исследованиям было установлено, что опрокидывание автобусов является достаточно распространенным видом дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Однако, в подобного рода ДТП фиксируется большое количество пострадавших и даже погибших. В таких случаях следователь-дознаватель должен установить виновника в ДТП, как правило, это могут быть мастер по выпуску автотранспортных средств на линию, если причиной является неисправность автобуса. Кроме того, это могут быть водители других автомобилей или пешеходы. Виновным может быть и водитель автобуса, который предпринял в сложившейся опасной ситуации неправильные действия. Наиболее распространённой причиной возникновения ДТП является нарушение водителем скоростного режима. Поэтому следователь-дознаватель должен определить, с какой скоростью двигался автобус перед опрокидыванием. Для этого существует стандартная методика её определения. По полученному значению скорости делается вывод о том нарушал или не нарушал водитель установленный скоростной режим. Однако, данная методика даст завышенные значения скорости, например, если водитель совершил маневр «переставка», известный как лосиный тест. При этом автобус, двигаясь по дуге в начале вправо, а затем влево с разрешенной скоростью, имеет риск совершить опрокидывание. Это происходит вследствие воздействия знакопеременной центробежной силы, а также дополнительных сил, действующих на кузов автобуса, вследствие сжатия-расжатия пружин подвески. В статье определяется скорость автобуса перед опрокидыванием, в момент совершения маневра «переставка».

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, опрокидывание, автобус, расчет скорости перед опрокидыванием, критическая скорость опрокидывания, причина возникновения.

Опрокидывание автобусов в России происходит, как правило, 1 раз в месяц [1]. В таких дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) имеются погибшие и тяжело раненные пассажиры [2-5]. Необходимо установить причину возникновения опрокидывания автобуса, т.к. это может быть неправильные действия со стороны водителя автобуса или других участников дорожного движения, возникшая неисправность автобуса (разрыв покрышки, отрыв карданного вала), плохие погодные или дорожные условия. В большинстве случаев причиной опрокидывания является совокупность этих обстоятельств.

Для выяснения причин на место ДТП выезжает следственно-оперативная группа (СОГ). Следователь-дознатель изучает следы и повреждения автобуса, проводит исследование места происшествия. Место, где произошло опрокидывание автобуса, определяется достаточно просто - за местом окончания следов колес автобуса начинаются следы скольжения в виде притертостей, наслоений лакокрасочного покрытия, царапин осколков стекол [6]. Следы колес, трассы на боковинах кузова автобуса позволяют точно определить направление его движения в процессе опрокидывания. Однако во многих случаях следы скольжения автобуса после опрокидывания бывают малозаметными и вообще не фиксируются или фиксируются лишь на отдельных коротких участках. В результате следователь при первичном осмотре места ДТП не может установить механизм происшествия.

Для этого предлагается с помощью уравнения вращательного движения автобуса определить механизм происшествия.

Предельный случай равновесия автобуса соответствует положению, когда опрокидывающий и удерживающий моменты равны (рис. 1):

$$\sum_j M_B(P_j) = 0. \quad (1)$$

Или:

$$G \cdot \frac{W}{2} - P_{\text{воз}} \cdot h_{\text{цм}} = 0, \quad (2)$$

где G – сила тяжести автобуса, Н;

$P_{\text{воз}}$ – возмущающая сила – поперечная (нормальная к траектории движения автобуса) составляющая силы инерции, Н (рис. 2);

W – габаритная ширина автобуса, м;

$h_{\text{цм}}$ – высота расположения центра тяжести автобуса, м.

На рисунке 1 представлены силы, действующие на автобус при его повороте [8]. Необходимо отметить, что здесь рассматривается случай

равномерного движения автобуса (со скоростью V) как единого твердого тела на участке криволинейной траектории радиуса R (рис. 2).

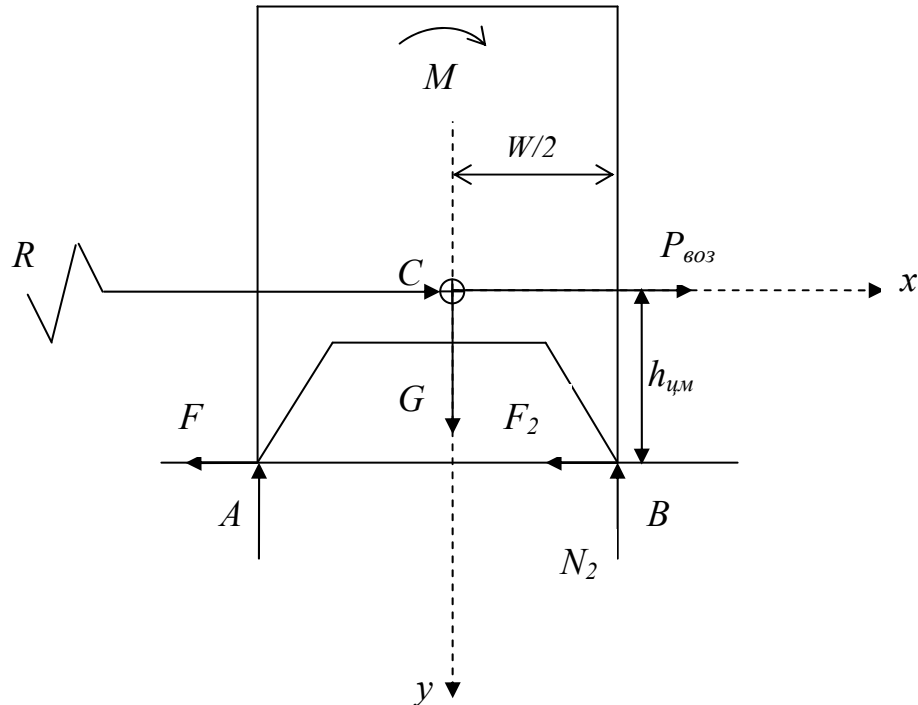


Рис. 1. – Расчетная схема сил, действующих на автомобиль (как единое твердое тело) при его движении по дуге окружности

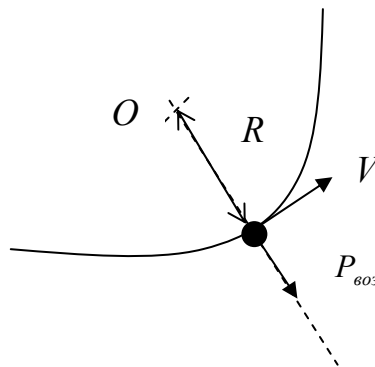


Рис. 2. – Траектория движения центра тяжести автобуса

Подставив в формулу (2) модули сил, получим:

$$m \cdot g \cdot \frac{W}{2} - m \cdot g \cdot \frac{V^2}{g \cdot R} \cdot h_{\text{цм}} = 0. \quad (3)$$

После упрощения равенства (3), определим критическую скорость опрокидывания автобуса:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{W \cdot g \cdot R}{2h_{цм}}} \quad (4)$$

Таким образом, скорость в момент опрокидывания можно определить по формуле (4). Однако в работах [8, 9] доказано, что рассчитанное значение критической скорости является завышенным. Это значит, что эксперт, рассчитав $V_{кр}$ по формуле (4) и получив её значение выше допустимого значения, предписанного Правилами дорожного движения, может ошибочно установить вину водителя.

При объезде автобусом внезапно возникшего на дороге препятствия (рис. 3), на него будут воздействовать поперечные составляющие центробежной силы инерции ($P_{\text{воз}}$), вызывающие относительные поперечные колебания кузова автомобиля вокруг оси крена [9].

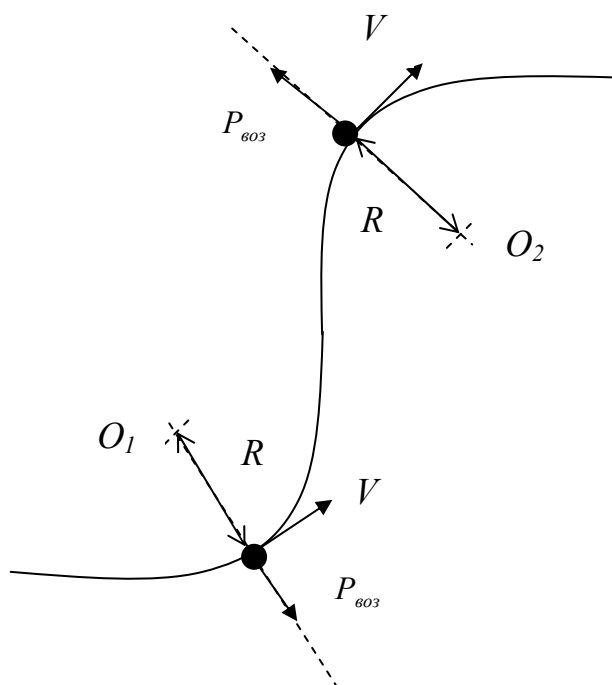


Рис. 3. – Траектория движения центра тяжести автобуса при объезде препятствия

Таким образом, расчетная силовая схема будет выглядеть так, как показано на рисунке 4.

Для определения критической скорости по опрокидыванию составим два уравнения кинетостатики для реакций N_1 и N_2 на основании расчетной силовой схемы и приравняем к нулю суммы моментов всех сил относительно точек A и B [9, 10].

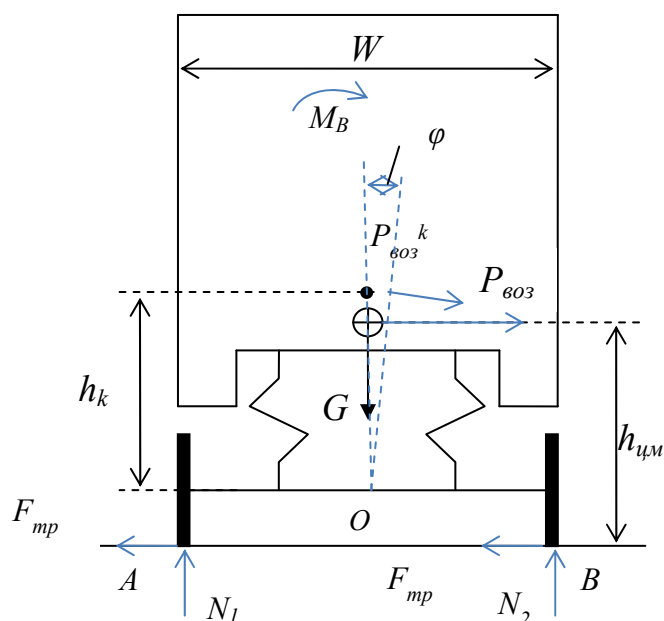


Рис. 4. – Расчетная схема сил, действующих на автобус, при учете поперечных колебаний кузова и наклоне кузова на максимальный угол

Пренебрегая при этом малыми величинами первого порядка, уравнения кинетостатики можно привести к виду:

$$\begin{aligned}
 N_2 \cdot W - G \cdot \frac{W}{2} - P_{\text{воз}} \cdot h_{\text{цм}} - P_{\text{воз}}^k \cdot (h_k - r) - M_B &= 0; \\
 -N_1 \cdot W + G \cdot \frac{W}{2} - P_{\text{воз}} \cdot h_{\text{цм}} - P_{\text{воз}}^k \cdot (h_k - r) - M_B &= 0,
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

где N_1, N_2 – реакции на колеса со стороны дороги, Н;

$P_{\text{воз}}^k$ – возмущающая сила, отклоняющая центр тяжести кузова автобуса от его продольной оси на максимальный угол φ , за счет деформации упругих элементов подвески автобуса, Н;

h_k – высота расположения центра тяжести кузова автобуса, м.

Решая систему двух линейных алгебраических уравнений (5), найдем реакции дорожного полотна, действующие на каждое колесо [9]:

$$N_{10} = \frac{G}{4} - \frac{G \cdot V^2 \cdot h_{\text{цм}}}{2g \cdot R \cdot W} - \frac{3G \cdot V^2 \cdot (h_{\text{цм}} - r)}{2g \cdot R \cdot W} \cdot \left(1 + \frac{G_k \cdot h_k \cdot r}{J_C \cdot g}\right);$$
$$N_{20} = \frac{G}{4} + \frac{G \cdot V^2 \cdot h_{\text{цм}}}{2g \cdot R \cdot W} + \frac{3G \cdot V^2 \cdot (h_{\text{цм}} - r)}{2g \cdot R \cdot W} \cdot \left(1 + \frac{G_k \cdot h_k \cdot r}{J_C \cdot g}\right). \quad (6)$$

Опрокидывание возможно при $N_{10} = 0$, тогда, учитывая (6), получим:

$$\frac{G}{4} - \frac{G \cdot V^2 \cdot h_{\text{цм}}}{2g \cdot R \cdot W} - \frac{3G \cdot V^2 \cdot (h_{\text{цм}} - r)}{2g \cdot R \cdot W} \cdot \left(1 + \frac{G_k \cdot h_k \cdot r}{J_C \cdot g}\right) = 0. \quad (7)$$

Решая полученное выражение (7), определим V_{kp} , м/с:

$$V_{kp} = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot W \cdot G}{2 \left[G \cdot h_{\text{цм}} + 3G \cdot (h_{\text{цм}} - r) \cdot \left(1 + \frac{G_k \cdot h_k \cdot r}{J_C \cdot g}\right) \right]}}. \quad (8)$$

При решении выражения (8) наиболее затруднительным является определение момент инерции тела относительно оси C , проходящей через место расположения центра тяжести автобуса.

Литература

1. Овчинников Н.А., Скирдачев В.А. Автобусный парк Российской Федерации в цифрах / В сборнике: Научная весна - 2016. Материалы: Научное электронное издание. 2016. С. 123-128.
2. Калмыков Б.Ю., Петриашвили И.М. Экспериментальное исследование прочностных характеристик кузова автобуса // Инженерный вестник Дона, 2014, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2354.
3. Калмыков Б.Ю., Петриашвили И.М. Исследование зависимости деформации кузова автобуса при опрокидывании от величины отклонения координаты центра тяжести // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2702.

4. Kalmikov B.Y., Ovchinnikov N.A., Kalmikova O.M., Guguyev I.K., Kushnariva I.V. Application of the method of distribution of the total energy of impact on the bearing elements of the body of the bus when calculating the failure loads // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. V. 10. № 10. pp. 4366-4371.

5. Kalmikov B.Y., Ovchinnikov N.A., Kalmikova O.M., Jigulskii V.I., Yurshin Y.G. Proposals for determining the impact energy at bus rollover for conditions of Unece №66 // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. V. 10. № 8. pp. 3793-3797.

6. Коровкин Д.С., Поздняков В.И., Скрипченко А.В. Установление взаимного расположения транспортных средств, транспортного средства и объекта дорожной обстановки в момент контактирования: Рабочая лекция. СПб.: Санкт – Петербургский университет МВД России, 2015. 45 с.

7. Теоретическая механика. Применение принципа Даламбера к решению задач о движении автомобиля на криволинейных участках дороги: методические указания к выполнению расчетно-графической работы/Сост. О.Н.Попов, О.Н.Лысак. –Томск: Изд-во Том.гос.архит.-строит.ун-та,2014. – 32с.

8. Божкова Л.В., Рябов В.Г., Норицина Г.И. Влияние поперечных вынужденных колебаний кузова на опрокидывание автомобиля при объезде препятствия // Транспортное дело России. 2009. №3. С.141-151.

9. Божкова Л.В., Норицина Г.И., Николаева М.С. Влияние явления резонанса на опрокидывание автомобиля при объезде внезапно возникшего препятствия // Транспортное дело России. 2010. № 7. С. 103-109.

10. Калмыков Б.Ю., Овчинников Н.А., Калмыкова О.М. Особенности расчета потенциальной энергии удара автобуса при опрокидывании в сфере транспортного машиностроения / Известия высших



учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2010. № 2. С. 84-87.

References

1. Ovchinnikov N.A., Skirdachev V.A. Avtobusnyj park Rossijskoj Federacii v cifrah [Bus fleet of the Russian Federation in figures]. V sbornike: Nauchnaja vesna.2016. Materialy: Nauchnoe jelektronnoe izdanie.2016.pp.123-128.
2. Kalmykov B.Ju., Petriashvili I.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus).2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2354.
3. Kalmykov B.Ju., Petriashvili I.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2014. № 4-1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2702.
4. Kalmikov B.Y., Ovchinnikov N.A., Kalmikova O.M., Guguyev I.K., Kushnariva I.V. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. T. 10. № 10. pp. 4366-4371.
5. Kalmikov B.Y., Ovchinnikov N.A., Kalmikova O.M., Jigulskii V.I., Yurshin Y.G. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. T. 10. № 8. Pp. 3793-3797.
6. Korovkin D.S., Pozdnjakov V.I., Skripchenko A.V. Ustanovlenie vzaimnogo raspolozhenija transportnyh sredstv, transportnogo sredstva i ob#ekta dorozhnoj obstanovki v moment kontaktirovanija: Rabochaja lekcija [Establishment of a mutual arrangement of vehicles, vehicle and road object at the moment of contact: Working lecture.]. SPb.: Sankt – Peterburgskij universitet MVD Rossii, 2015. 45 p.
7. Teoreticheskaja mehanika. Primenenie principa Dalamberta k resheniju zadach o dvizhenii avtomobilja na krivolinejnyh uchastkah dorogi: metodicheskie ukazanija k vypolneniju raschetno-graficheskoj raboty [Theoretical mechanics. Application of the D'Alembert principle to the solution of problems on the motion of a car on curvilinear sections of the road: methodical instructions for



computation and graphic work]. Sost. O.N. Popov, O.N. Lysak. Tomsk: Izd-vo Tom. gos. arhit.- stroit. un-ta, 2014. 32 p.

8. Bozhkova L.V., Rjabov V.G., Noricina G.I. Transportnoe delo Rossii. 2009. № 3. pp. 141-151.

9. Bozhkova L.V., Noricina G.I., Nikolaeva M.S. Transportnoe delo Rossii. 2010. №7. pp. 103-109.

10. Kalmykov B.Ju., Ovchinnikov N.A., Kalmykova O.M. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki. 2010. № 2. pp. 84-87.