

Куница А.В., д.т.н., Мищенко Н.И., д.т.н.

АДИ ДонНТУ, г. Горловка

## АНАЛИЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО СНИЖЕНИЯ СКОРОСТИ НА УЛИЦАХ И ДОРОГАХ

*Геометрические параметры возвышающихся поперечных полос определяют значения их углов наклона касательных в линии, которая размещена в месте перехода плоскости проезжей части в поверхность этих элементов. Показано, что появление дополнительных нагрузок, оказывающих отрицательное воздействие на конструкцию транспортного средства и на пассажиров, обусловлено различием значений углов наклона касательных возвышающихся поперечных полос и автомобильного колеса.*

### **Введение**

Безопасность дорожного движения в населенных пунктах и других местах автомобильной дороги, где могут внезапно появиться пешеходы, особенно, дети, зависит от значения скорости движения транспортных средств (ТС). Размещение дорожных знаков ограничения скорости не всегда оказывает желаемое воздействие на уровень скоростного режима.

С целью снижения скоростного режима до требуемого уровня возникает необходимость применения принудительных мер, которые сделали бы невозможным или неудобным использование скоростного режима, выходящего за границы его ограничения.

В [1, рис. 42] с этой целью предусмотрено применение возвышающихся поперечных полос (ВПП), называемых за рубежом «лежачие полицейские». Эти ВПП выступают в форме препятствия, заставляющего водителя снизить скорость ТС. Они имеют вид настилов двух типов. Первый тип имеет прямоугольную форму высотой 100 мм, шириной основания 1500...3000 мм, с уклоном ее наклонной части относительно основания: а) в продольной плоскости – 1:5 и б) в поперечной плоскости – 1:4. Второй тип выполнен в форме полусферического бруса высотой 100 мм с основанием шириной 2000...4000 мм.

### **Анализ последних публикаций**

Опыт применения ВПП за границей [2] показал, что они способны сократить количество ДТП с телесными повреждениями до 50%, и это обусловлено снижением скоростного режима. Отмечается снижение шумности и повышение комфорта для жителей района и качества жилой среды, в частности, появление возможности находиться и отдыхать во дворе.

Но увеличиваются выброс отработавших газов ТС, время на передвижение и эксплуатационные расходы ТС. Отмечается отрицательное воздействие ВПП на пассажиров, находящихся в ТС. Это воздействие заключается в дискомфортных значениях виброскорости и виброускорения. Определенные неудобства создаются в зимнее время при совершении маневра в зоне расположения ВПП. Особенно резко это проявляется, если ТС подъезжает под углом к ВПП при условии, когда коэффициент сцепления имеет малое значение. Выявлены случаи вредного воздействия ВПП на агрегаты, узлы, детали и в целом на конструкцию ТС.

Водители воспринимают ВПП как источник неудобства и повышенного износа подвески, ходовой части и трансмиссии автомобиля, т.к. при въезде на нее создается удар по конструкции ТС. По мнению многих водителей, геометрические параметры ВПП, предусмотренные ДСТУ 4123-2002, выбраны неудачно. Однако продолжающийся рост количества ДТП и введение в действие ДСТУ 4123-2002 требуют настоящего применения ВПП.

**Цель статьи** – оценить возможность возникновения ударных нагрузок, обусловленных геометрическими параметрами двух типов ВПП, в пятне их контакта с колесом ТС.

### *Подход к оценке значений геометрических параметров ВПП*

Наиболее значительные дополнительные нагрузки, действующие со стороны ВПП на конструкцию ТС, возникают при его въезде на ВПП. Значения этих нагрузок во многом обусловлены различием значений углов наклона касательных геометрического профиля ВПП и автомобильного колеса в зоне их пятна контакта. Для определения этих углов наклона касательных воспользуемся методами дифференциальной геометрии [3].

### *Определение углов наклона касательных двух ВПП и автомобильного колеса*

**Параметры ВПП прямоугольной формы** в своей продольной плоскости имеют постоянное значение угла подъема, равное 0,2. Касательная имеет угол наклона, равный  $11^{\circ}19'$ .

**Параметры ВПП в форме полусферического бруса** позволяют определить пределы изменения радиуса окружности, которой он образован. При известных размерах (рис. 1) хорды  $l = 2000 \dots 4000$  мм и стрелки  $h = 100$  мм, радиус окружности, согласно [4], равен  $R = (4h^2 + l^2)(8h)^{-1}$ . Тогда при указанном диапазоне изменения хорды, диапазон изменения радиуса равен 5 000...20 000 мм.

Начало координат осей абсцисс  $x$  и ординат  $y$  обозначим буквой  $O$ , и совместим с точкой контакта поверхности полусферического бруса и плоскости проезжей части дороги. Положительные направления координат осей  $x$  и  $y$  показаны на рис. 1.

При этих условиях уравнение окружности радиусом  $R$  имеет вид:

$$[y + (R - h)]^2 + (x + 0,5l)^2 = [(4h^2 + l^2)(8h)^{-1}]^2. \quad (1)$$

После преобразования (1) уравнение окружности окончательно имеет вид:

$$4y^2h + 4x^2h + y(l^2 - 4h^2) + 4xhl = 0. \quad (2)$$

Общее уравнение 2-го порядка  $ax^2 + 2bxy + cy^2 + 2dx + 2ey + f = 0$ , как известно [3], изображает окружность тогда и только тогда, когда  $b = 0$  и  $a = c$ , что выдерживается в (2). Приводим уравнение (2) к виду:  $x^2 + y^2 + 2mx + 2ny + q = 0$ :

$$x^2 + y^2 + xl + y(l^2 - 4h^2)(4h)^{-1} = 0. \quad (3)$$

В нашем случае, в (3)  $q = 0$ ;  $2m = l$ ;  $2n = (l^2 - h^2)(4h)^{-1}$ . Тогда координаты центра и радиус окружности равны:  $x_0 = -m = -0,5l$  и  $y_0 = -n = -((l^2 - 4h^2)(8h)^{-1})$ ;  $R = \sqrt{m^2 + n^2 - q}$ . После преобразований радиус равен:  $R = (l^2 + 4h^2)(8h)^{-1}$ .

Уравнение касательной для первой формы задания кривой [3, с. 234, 236] имеет вид:

$$\frac{\partial F}{\partial x}(X - x) + \frac{\partial F}{\partial y}(Y - y) = 0, \quad (4)$$

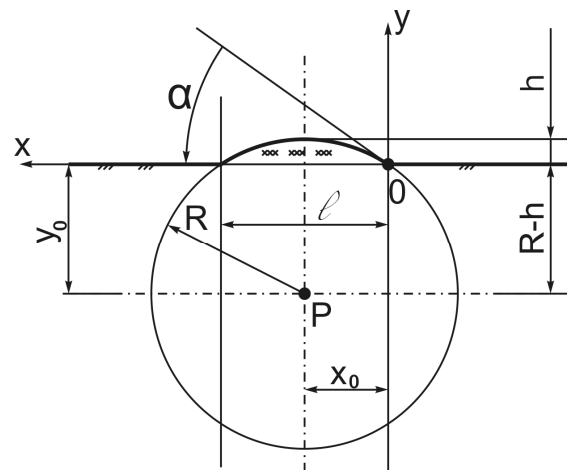


Рис. 1. Геометрические параметры ВПП в форме полусферического бруса

где  $X, Y$  - текущие координаты точек касательной.

После выполнения необходимых преобразований уравнение касательной имеет вид:

$$Y(8yh + l^2 - h^2) = -X4h(2x + l) + 4y^2h + 4x^2h . \quad (5)$$

Угол  $\alpha$  наклона касательной определяется, согласно [3, с. 237], зависимостью:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{dy}{dx} . \quad (6)$$

Найдем функциональную зависимость  $y$  от  $x$  из уравнения (3). Тогда:

$$y_{1,2} = -(l^2 - 4h^2)(8h)^{-1} \pm \sqrt{[(l^2 - 4h^2)(8h)^{-1}]^2 - (x^2 + xl)} . \quad (7)$$

Угол  $\alpha$  наклона касательной после преобразований имеет выражение:

$$\operatorname{tg}\alpha = \mp \frac{2x + l}{\sqrt{[(l^2 - 4h^2)(8h)^{-1}]^2 - (x^2 + xl)}} . \quad (8)$$

Угол  $\alpha$  в начале координат при  $x = 0$  мм,  $h = 100$  мм и  $l = 2000$  мм, равен  $41^\circ 57'$ .

Угол  $\alpha$  в начале координат при  $x = 0$  мм,  $h = 100$  мм и  $l = 4000$  мм, равен  $41^\circ 49'$ .

### **Определение угла наклона касательной автомобильного колеса при качении по недеформируемой поверхности**

Коэффициент сопротивления качению колеса  $f$  определяется выражением [5, с. 23]:

$$f = a_w / r_o + M(r_o - r_k) / R_z r_o r_k = f_c + f_k . \quad (9)$$

Обозначения взяты из [5, с. 23]. Составляющая  $f_c$  отражает силовые потери, связанные с тем, что при качении колеса возникает смещение  $a_w$  нормальной реакции. Составляющая  $f_k$  отражает кинематические потери, не вызывающие изменения значения смещения  $a_w$ . Известен диапазон значений коэффициента  $f$ , который для асфальтобетонного и цементобетонного шоссе равен  $0,007 \dots 0,02$ . Это позволяет определить угол наклона касательной в пятне контакта автомобильного колеса и ВПП для этого случая его качения (рис. 2).

Угол наклона касательной (рис. 2) определяется:

$$\operatorname{tg}\alpha = 2a_w(r_o)^{-1} = 2f . \quad (10)$$

Из (10) следует, что  $\alpha = \operatorname{arctg}(2f)$ .

При указанных диапазонах изменения коэффициента  $f$  угол наклона касательной изменяется в диапазоне  $0^\circ 48' \dots 1^\circ 17'$ .

### **Сравнение значений углов наклона касательных ВПП прямоугольной, полусферической форм и автомобильного колеса в начале системы координат**

В процессе расчетов установлены диапазоны изменения значений углов наклона касательных указанных выше тел. Автомобильное колесо безударно въезжает на какое-либо препятствие, если значение его угла на-

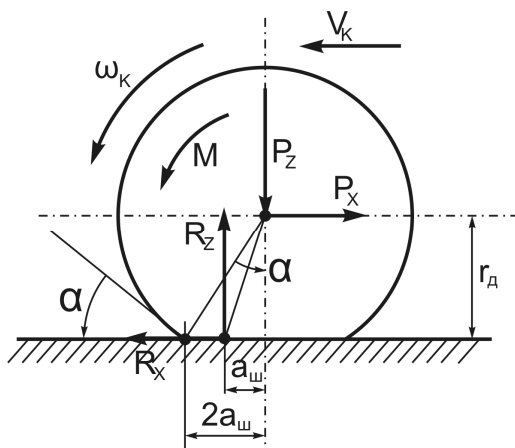


Рис. 2 Расчетная схема определения угла наклона касательной автомобильного колеса

клона касательной меньше или равно  $0^{\circ} 48' \dots 1^{\circ} 17'$ .

Значение угла наклона касательной **ВПП прямоугольной формы**, равное  $11^{\circ} 19'$ , превышает значение угла наклона касательной автомобильного колеса в 9...14 раз. Значение угла наклона касательной **ВПП в форме полусферического бруса**, равное примерно  $42^{\circ}$ , превышает значение угла наклона касательной автомобильного колеса в 30...50 раз. Отсюда вытекает, что в момент въезда автомобильного колеса на препятствия в форме двух типов ВПП неизбежно возникновение ударных нагрузок, оказывающих отрицательное воздействие на конструкцию ТС и на пассажиров.

### ***Выводы***

1. В пятне контакта ВПП с автомобильным колесом возникают дополнительные нагрузки, оказывающие отрицательное воздействие на конструкцию ТС и пассажиров.

2. Появление этих нагрузок обусловлено различием углов наклона касательных ВПП и автомобильного колеса в пятне контакта, размещенного в месте перехода плоскости проезжей части в поверхность ВПП.

3. Ударные нагрузки при взаимодействии автомобильного колеса с ВПП прямоугольной формы меньше, чем при его взаимодействии с ВПП в форме полусферического бруса.

### ***Планируемое дальнейшее развитие работы***

Следующим этапом работы будет анализ динамического взаимодействия ВПП различных форм и автотранспортного средства с целью определения его закономерностей и оптимальных значений параметров ВПП.

### ***Список литературы***

1. ДСТУ 4123-2002. — Безпека дорожнього руху. Елементи примусового зниження швидкості на вулицях і дорогах. Загальні вимоги. Правила застосування. — К.: Держстандарт, 2002. — 27 с.
2. Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения: Пер. с норв. / Под редакцией проф. Сильянова В.В. — М.: МАДИ (ГТУ), 2001. — 754 с.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. — М.: Госиздат физико-математической литературы, 1959. — 608 с.
4. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. ВСН 25-86 / Министерство автомобильных дорог РСФСР. — М.: Транспорт, 1988. — 183 с.
5. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.

Стаття надійшла до редакції 29.11.06  
© Куниця А.В., Міщенко М.І., 2006