

УДК 531. 629.113

СУНЦОВ А.Н., к.ф.-м.н., доцент; СУНЦОВ Н.В., д.х.н., профессор;
 КОТЕЛЕВЕЦ А.В., магистрант
 Донецкая академия автомобильного транспорта

О МЕХАНИЗМЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ШУМОВ ОТ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ КАЧЕНИИ ЭЛАСТИЧНОЙ ШИНЫ

На основе анализа экспериментальных результатов по определению коэффициентов сопротивления качению колеса автомобиля получены формулы для частот поперечных колебаний эластичной шины, приводящие к возникновению соответствующих шумов.

Ключевые слова: шумы, поперечные колебания, эластичная шина

Постановка проблемы

Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте требует создания комфортных условий водителю. Исследования [1,2] показывают, что при движении эластичного колеса по полотну дороги возникают поперечные колебания, которые передаются затем всему корпусу, обшивке салона и при определенных условиях могут ухудшать комфорт (особенно при возникновении резонанса).

Цель статьи

Целью данной работы является вывод практически удобной формулы для оценки частот вынужденных колебаний, возникающих при поперечных колебаниях эластичной шины автомобиля.

Основная часть

Выведем формулу для частоты поперечных колебаний точек, которые лежат на поверхности обода эластичной шины при прохождении ими пятна контакта с полотном дороги. Для удобства интерпретации физики процесса, рассмотрим следующую систему координат. Проведем ось Ox через центр колеса O и некоторую точку C , лежащую на поверхности эластичной шины, которая катится по твердому горизонтальному полотну (рис.1). Таким образом, мы рассматриваем движение точки C относительно оси Ox , которая вращается одновременно с колесом.

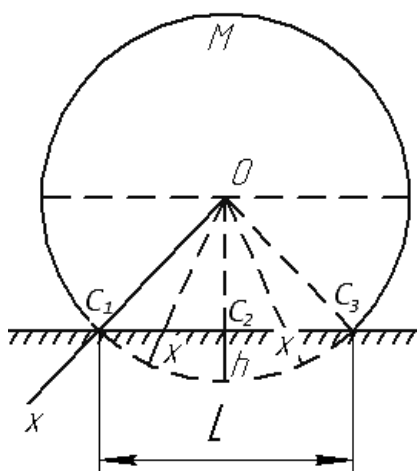


Рис.1. Схема, поясняющая возникновение поперечных колебаний точки C , лежащей на поверхности эластичной шины, которая находится в ведомом режиме.

При ведомом режиме качения колес точка C поверхности эластичной шины проходя пятчок L вначале приближается к центру O до максимального значения h (в положение C_2), а потом удаляется на прежнее расстояние (положение C_3).

Максимальная деформация резиновой шины вдоль рассматриваемой оси, очевидно, соответствует положению C_2 . Деформация шины осуществляется под действием внешних сил со стороны полотна дороги. В положении C_2 деформация приостанавливается вследствие того, что внутренняя упругая сила уравнивает внешнюю силу. На участке C_2C_3 происходит возвращение точки C в положение равновесия. Наличие упругой силы и инертной массы создает необходимые условия возникновения затухающих колебаний точки C после прохождения ее положения C_3 .

Предварительные оценки величины X смещения точки C от положения равновесия (C_1) дают зависимость близкую к зависимости

$$X = h \sin(\omega t) \quad (1)$$

здесь ω – угловая скорость,

t – время прохождения точкой C участка L .

Отклонения расчетных значений величины X от теоретической синусоиды не превышает 1% при значении h равном 23% от величины радиуса R . На практике же величина $h \ll R$. Так, например, для легкового автомобиля *Chevrolet Aveo* при давлении воздуха в шине $P_w = 210 \text{ кПа}$ параметр $L = 0,25 \text{ м}$, $R = 0,281 \text{ м}$. Явно выполняется условие $h \ll R$.

Как видно, эластичное колесо деформируется под действием силы веса и расстояние $OC_1 = OC_3 \approx R$ (немного меньше R). Центры кривизны для OC_1 и OC_3 немного «раздвигаются» [2]. Деформация шины значительно и резко изменяется в области C_1C_3 . До точки C_1 деформация монотонно возрастает, а после C_3 спадает. Эти периодические изменения приводят к возникновению упругих в основном продольных волн низкой частоты. Мы же в настоящей работе рассматриваем резкие поперечные колебания точки C во время прохождения пятчка контакта L , которые создают шум хорошо слышимый ухом человека.

Предварительные оценки величины X с учетом раздвоения центра O приводят к очень слабым изменениям кривой от соответствующей синусоиды. Таким образом, можно считать, что колебания точки C при прохождении пятна контакта L являются вынужденными и квазигармоническими потому, что кинематика движения точки описывается с помощью функций «синус» или «косинус».

На участке C_1C_2 осуществляется смещение точки C под действием внешней периодической силы за счет взаимодействия колеса с полотном дороги, а на участке C_2C_3 точка C возвращается в положение равновесия за счет упругости шины. Очевидно, что точка C пройдет положение C_3 по инерции и во время дальнейшего вращения колеса колебания поверхности шины в области точки C будут быстро затухать. Резина, как известно, хорошо поглощает вибрацию. Энергия колебаний быстро перейдет в теплоту.

Очевидно, что период $T_{\text{вын}}$ полного вынужденного колебания тесно связан со временем прохождения точкой C пятчка контакта L . Таким образом, точка C получает один импульс во время прохождения пятчка контакта, а потом совершаются затухающие колебания на участке C_3MC_1 .

Период вынужденных колебаний точки

$$T_{\text{вын}} = 2t = \frac{2L}{V} \quad (2)$$

Тогда частота вынужденных колебаний

$$\nu_{\text{вк}} = \frac{1}{T_{\text{вын}}} = \frac{V}{2L} \quad (3)$$

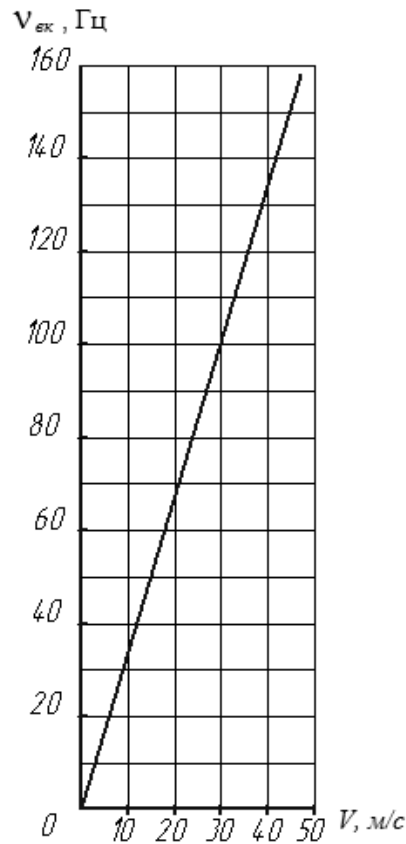


Рис. 2. График зависимости $\nu = f(V)$

С помощью формулы (3) для примера вычислены значения частот вынужденных колебаний точек, которые находятся на поверхности шины легкового автомобиля *Chevrolet Aveo*. Эти частоты положены в основу графика $\nu = f(V)$, изображенного на рис.2. Указанный график представляет собой прямую линию с тангенсом угла наклона $1/(2L)$. Чем больше величина L пятачка контакта шины с поверхностью полотна дороги, тем меньше частота вынужденных колебаний.

Отметим, что параметр L зависит от давления воздуха в шинах P_w и нагрузки, действующей на ось колеса. Для любой заданной шины величина зависит от силы давления на ось колеса mg (приблизительно равна четверти веса автомобиля при равномерной нагрузке) и величины давления воздуха в шине P_w . Иначе говоря $L=f(P_w, mg)$. Отметим, что для указанного выше автомобиля $P_w=210$ кПа.

Выводы

Частоты вынужденных колебаний поверхности эластичной шины автомобиля хорошо улавливаются ухом человека. Эти частоты могут усиливаться колебаниями обшивки салона и другими частями автомобиля особенно при резонансе или вблизи его. Полученная формула для оценки частот вынужденных колебаний поверхности эластичной шины легко может быть использована на практике.

Список литературы

1. Сунцов Н.В., Макаров В.А., Сунцов А.Н., Ефименко А.Н. О физике процессов определяющих величину коэффициента сопротивления качению колеса автомобиля// Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. № 2 .С. 78-81.
2. Балабин И.В., Путин В.А., Чабунин И.С. Автомобильные и тракторные колеса и шины. – МГТУ «МАМИ», 2012. – 920с.

Сунцов О.М., Сунцов М.В., Котелевец О.В. Про механізм виникнення шумів від поперечних коливань при коченні еластичної шини

Анотація. На основі аналізу експериментальних результатів по визначенню коефіцієнтів опору коченню колеса автомобіля отримано формули для частот поперечних коливань еластичної шини, що призводять до виникнення відповідних шумів.

Ключові слова: шуми, поперечні коливання, еластична шина

Suntsov A.N., Suntsov N.V., Kotelevets A.V. On the mechanism of noise from the transverse vibrations of elastic tire rolling

Abstract. The basis of analysis of experimental results for the coefficients resistance to rolling of wheels formulas are obtained for the frequency of the transverse oscillations elastic bus, leading to a corresponding noise

Keywords: noise, transverse vibrations, elastic tire

Стаття надійшла до редакції 17.05.2013 р.