
Міністерство освіти і науки,
молоді та спорту України
Севастопольський національний
технічний університет

ВИПУСК **134/2012**

ВІСНИК СевНТУ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Збірник засновано в 1995 році

**Серія: Машиноприладобудування
та транспорт**

Севастополь 2012

УДК 629.113

В.А. Банников, канд. техн. наук,
А.Е. Бондаренко, доцент, канд. техн. наук,
В.Г. Вербицкий, профессор, д-р физ.-мат. наук,
М.И. Загороднов, доцент, канд. техн. наук

Донецкая академия автомобильного транспорта
 пр. Дзержинского, 7, г. Донецк, Украина, 83086

А.Д. Бумага, доцент, канд. техн. наук
 Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
 ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123

В. Г. Хребет, доцент, канд. физ.-мат. наук
 Автомобильно-дорожный институт Донецкого национального технического университета
 ул. Кирова, д. 51, г. Горловка, Донецкая обл., Украина, 84646

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ, ВХОДЯЩИХ В МОДЕЛЬ FIALA

Рассмотрена модель Fiala и возможные подходы к определению параметров, входящих в эту модель

Ключевые слова: устойчивость, управляемость, автомобиль, шина, модель Fiala

Введение. Исследование устойчивости и управляемости модели автомобиля связано с выбором модели бокового увода используемой эластичной шины. Известно множество моделей описания взаимодействия колеса и дороги [1, 2, 3, 4]. Выбор той или иной модели чаще всего зависит от многих факторов – особенности шины, подвески, условий взаимодействия с опорной поверхностью и от степени ее сложности. Одной из активно используемых моделей является модель *Fiala* [1]. Сравнительно небольшое число экспериментально определяемых коэффициентов, входящих в модель не привносит значительных погрешностей в зависимости боковой силы и пяточного момента, на что указывает сравнение с коэффициентно-загруженной эмпирической моделью Расејка [4].

Цель статьи. Выполнена идентификация параметров, входящих в модель *Fiala* методом экспериментального определения и показаны возможные подходы для их определения экспериментальным путем в динамике.

Основная часть. Ниже представлены характеристики взаимодействия колеса с опорной поверхностью в пятне контакта, связанные с моделью *Fiala*. При этом, сила увода, является результирующей элементарных сил увода, просуммированных по пятну контакта. Пяточный момент является главным моментом элементарных сил увода относительно проекции центра оси вращения вертикального колеса на опорную поверхность. Угол развала не учитывается, т. е. считается равным нулю.

Далее, введем некоторые обозначения, касающиеся параметров, используемых в статье:

– безразмерной силы $\bar{Y} = \frac{Y}{N}$;

– нормируемого момента $\bar{M} = \frac{M}{N}$;

– нормируемого коэффициента сцепления в поперечном направлении и пяточного момента соответственно: $\mu_Y = Y^{max}/N$, $\mu_M = M^{max}/N$, а также коэффициентов сопротивления увода и зависимости боковой силы и пяточного момента, определяющих наклон этих кривых в начале координат: $\bar{k}_Y = k_Y/N$ и $\bar{k}_M = M/\varphi \cdot N$.

Известны основные соотношения между параметрами модели *Fiala* [1]:

– по величине боковой силы (рисунок 1, а):

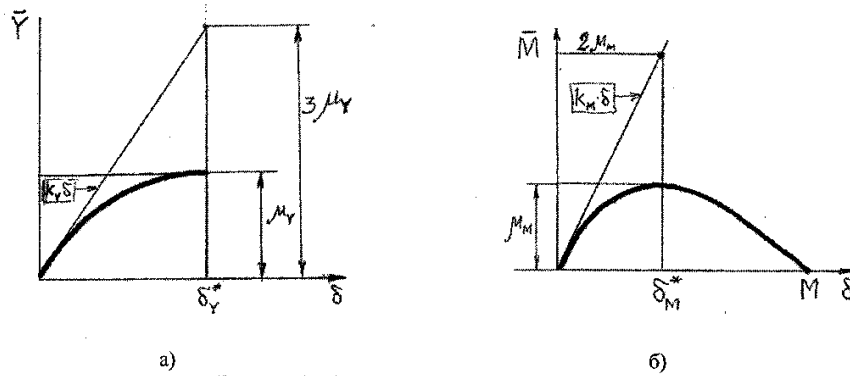
$$3 \mu_Y / \bar{k}_Y = \delta_Y^* \quad (1)$$

и, соответственно, по величине пяточного момента (рисунок 1, б):

$$\frac{2 \mu_M}{k_M} = \delta_Y^* \quad (2)$$

У моделі *Fiala* подмечена также зависимость, отражающая связь силы и момента, которая следует из геометрии:

$$\delta_M^* = \frac{1}{4} \delta_Y^* \quad (3)$$



а) Рисунок 1 – Зависимости для модели *Fiala*
а) боковой силы от угла увода; б) момента от угла закручивания

Кроме того, из математической модели *Fiala* следует: связь между параметрами \bar{k}_M и \bar{k}_Y и аналогично – между параметрами μ_M и μ_Y :

$$\bar{k}_M = \frac{2}{3} \bar{k}_Y R_2; \quad \mu_M = \frac{27}{123} \mu_Y R_2 \quad (4)$$

где R_2 – радиус поперечного сечения профиля тороидальной шины.
Согласно теории М. В. Келдыша [2],

$$F = \alpha_{11}\xi + \alpha_{12}\chi; \quad M_1 = \alpha_{32} \varphi; \quad L_1 = \alpha_{21}\xi + \alpha_{22}\chi, \quad (5)$$

где $\alpha_{12}, \alpha_{21}, \alpha_{22}, \alpha_{32}$ – постоянные коэффициенты, которые определяются параметрами пневматика.

Эти уравнения дополняются кинематическими соотношениями, в которых коэффициенты получаются эмпирически. Параметры поперечной, крутильной жесткости, и жесткость против развала определяются в эксперименте, и связаны с характеристиками теории увода:

- M – собственно момент закручивания пятна контакта;
- α_{32} – соответствует коэффициенту крутильной жесткости;
- φ – угол закручивания пятна контакта.

Ниже анализируются экспериментально полученные в статике характеристики силового взаимодействия колеса с опорной поверхностью – наклон кривой в начале координат, максимальное значение силы и момента и их положение, для которых проверяются соотношения, справедливые для модели *Fiala*.

Используя полученные экспериментально в статике параметры для шины [5]:

$$\delta_M^* = 0,0325 \text{ рад}; \quad \bar{k}_M = 0,708 \text{ м / рад}; \quad N^{\max} = 770 \text{ Н}; \quad Y^{\max} = 387 \text{ Н}; \quad M^{\max} = 11,5 \text{ Нм}.$$

Тогда:

$$\mu_Y = \frac{Y^{\max}}{N} = \frac{387}{770} = 0,503; \quad \mu_M = \frac{M^{\max}}{N} = \frac{11,5}{770} = 0,0149 \text{ м}.$$

Определим теоретические значения $\bar{k}_M, \mu_M, \delta_M^*$:

$$\delta_M^* = 2 \mu_M / \bar{k}_M = 2 \cdot 0,0149 / 0,708 = 0,042 \text{ м};$$

$$\mu_M = \frac{27}{123} \mu_Y \cdot R_2 = \frac{27}{123} \cdot 0,503 \cdot 0,06 = 0,0066 \text{ м};$$

$$\bar{k}_M = \frac{2}{3} \bar{k}_Y R_2 = \frac{2}{3} \cdot 11,6 \cdot 0,06 = 0,464 \text{ м / рад}.$$

Сравнение показывает, что теоретическое значение μ_M приблизительно в 2 раза превосходит соответствующее значение, полученное экспериментально, а теоретическое значение \bar{k}_M приблизительно в 2 раза меньше соответствующего значения, полученного экспериментально.

Аналогично, используя выражение (3) определим теоретические значения δ_Y^* и \bar{k}_Y :

$$\delta_Y^* = 4 \cdot \delta_M^* = 4 \cdot 0,0325 = 0,13 \text{ рад};$$

$$\bar{k}_Y = 3 \mu_Y / \delta_Y^* = 3 \cdot 0,503 / 0,13 = 11,6 \text{ рад}^{-1}.$$

Соотношение параметров μ_M и \bar{k}_M равно:

$$\mu_M / \bar{k}_M = \frac{27}{123} \frac{3}{2} \mu_Y / \bar{k}_Y.$$

Соответственно, соотношение параметров δ_M^* и δ_Y^* из равенства (2) равно:

$$\delta_M^* = 2 \mu_M / \bar{k}_M = 0,25 \delta_Y^*.$$

Сравнение μ_M , полученных из модели *Fiala* и на основе модели Келдыша показывает, что последний имеет вдвое большее значение.

В дальнейшем предполагается определять характеристики силового взаимодействия на динамическом стенде. Ниже предлагается принципиальная схема экспериментальной установки (рисунок 2).

1. Измеряемые параметры: $Y, X, M_{плт}$, в зависимости от ω, N, δ ;
2. Варьируемые параметры: ω, N, δ ;
3. Диапазон варьирования параметров:
 - ω – в пределах соответствия линейной скорости V от 0 до 25 м/с, с фиксированием любого значения на протяжении всего опыта;
 - N от 0 до значения номинальной нагрузки на шину;
 - δ от 0 до 20 градусов;
4. Обеспечение необходимой точности измерений достигается: использованием в механической части стенда конструктивных элементов, обладающих минимальными потерями на трение; установкой тензометрических устройств регистрации силовых параметров непосредственно в местах действия сил и моментов; максимально независимой друг от друга регистрацией силовых параметров ($Y, X, M_{плт}$).

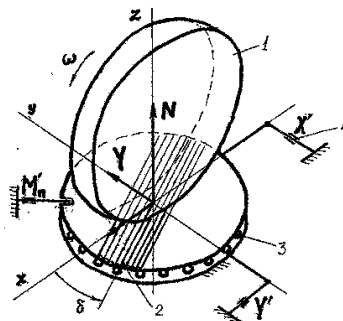


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Вывод. Рассогласование параметров, входящих в модель *Fiala*, полученных теоретическим и экспериментальным путем может быть объяснено способом определения параметров μ_M и \bar{k}_M в статике (т. к. \bar{k}_M определено в модели Келдыша). Коэффициенты μ_Y и \bar{k}_Y неразрывно связаны с углом при качении, что и подтолкнуло к необходимости динамических испытаний, причем без бегового барабана.

Библиографический список использованной литературы

1. Fiala E. Lateral forces on rolling pneumatic tires / E. Fiala // Zeitschrift V.D.I. 96. — October 1954. — Vol. 29. — P. 10, 114.
2. Келдыш М.В. Шимми переднего колеса трехколесного шасси / М.В. Келдыш // Труды ЦАГИ. — М., 1945. — Вып. 564. — С. 1–33.
3. Kiébré R. 'Contribution to the modelling of aircraft tyre-road interaction.' of Université de Haute-Alsace, PhD Thesis. — 2010.
4. Blundell M.V. 'The influence of suspension and tyre modelling on vehicle handling simulation.' Coventry University in collaboration with Rover Group and SP Tyres UK Ltd, PhD Thesis. — 1997.
5. Банніков В.О. Лабораторне устаткування для визначення параметрів тороїдальної шини в стаціонарному режимі та результати вимірювання / В.О. Банніков // Вісник ДААТ. — Донецьк, 2009. — № 4. — С. 56–62.

Надійшла до редакції 13.06.2012 р.

Банніков В.О., Бондаренко А.Є., Вербицький В.Г., Загороднов М.І., Бумага О.Д., Хребет В.Г. До визначення параметрів, що входять до моделі *Fiala*

Розглянута модель *Fiala* та можливі підходи до визначення параметрів, що входять до цієї моделі.
Ключові слова: стійкість, керованість, автомобіль, шина, модель *Fiala*.

Bannikov V., Bondarenko A., Verbitskiy V., Zagorodnov M., Bumaga A., Hrebet V. To the definition of the parameters of the model *Fiala*

The model of *Fiala* and possible approaches to the definition of the parameters included in this model.
Keywords: stability, manageability, car, tire, model *Fiala*.