

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДИНАМИЧНИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ НА АЛТЕРНАТИВНА ЗА ГРАДСКАТА СРЕДА АСИМЕТРИЧНА НАКЛОНЯВАЩА СЕ ТРИКОЛКА

STUDY OF DYNAMIC POSSIBILITIES OF AN ALTERNATIVE TO URBAN ASYMMETRIC TILTING TRICYCLE

Георги Червендинев, Николай Ангелов
Технически университет - София

Abstract

The work is done to study the dynamic behavior of asymmetrical third wheel hanging on the basic unit – the motorcycle in the exploitation of alternative transport for the urban environment saturated asymmetric tilting tricycle. It has been shown minimal impact of deviations of the third wheel on asymmetric cross-tolerance of the motorcycle.

Keywords: динамика на триколесна наклоняваща се триколка, dynamics of tilting three wheeler.

ВЪВЕДЕНИЕ

Известни са възможностите на триколесните наклоняващи се, симетрични и несиметрични триколки. В английската терминология те са известни като Tilting Three Wheelers (TTW).

Първата симетрична наклоняваща се триколка е на E. Neuman от 1945г. (фиг.1). В нея е използван двуколесен преден мост, който, заедно с мястото на водача, е оформен като предно окачване на стандартен мотоциклет.



Фиг. 1. Прототипа на Ernst Neumann от 1945г.

В наше време съществуват множество нови решения на триколесни наклоняващи се возила, които със своята маневреност, малки габарити и повишена стабилност на пътя, са една алтернатива на четириколес-

ните, ненаклоняващи се, петместни и превозващи най-често по един пътник, леки автомобили в условията на силнонатована-рената градска среда.

На фиг.2 е показана съвременната симетрична холандска триколка CARVER [3], разработена по една от Рамковите програми за наука и технологии на ЕС.



Фиг. 2. Холандската триколка CARVER

При нея наклоняването се осъществява с помощта на жирокопноуправляема автоматична хидравлична система. Управлението на триколката е по-близко до автомобилното, отколкото до това на мотоциклета. Общото с мотоциклета са двете, едно зад друго, места за сядане. Конструкцията е достатъчно компактна, сравнена със стандартен двуместен автомобил. Размерите на CARVER са: дължина 3,4 m, ширина 1,3 m

и височина 1,4 m. Купето предлага автомобилен комфорт и сигурност като качването и слизането стават през една врата, аналогична като конструкция на автомобилната.

На фиг.3 са показани симетричните TTW-решения на HONDA [6] и на PIAGGIO [7] (фиг.4).



Фиг. 3. Японската триколка HONDA [6]



Фиг. 4. Триколката MP3 на PIAGGIO [7]

През 1913 г. Н.Young патентова конструкция на асиметрична триколка, при която се използва мотоциклет, към който е закрепен кош с помощта на шарнири и в завои двата елемента на триколката се наклоняват едновременно.

В наше време е известна конструкцията FLEXIT на Н.Мyburgh [5]. Тя се произвежда в Южна Африка, в Холандия (EVS) [4] и в САЩ до 2005 г. FLEXIT (фиг.5) постига наклоняване до 45° спрямо равнината на пътя и скорост на движение от 260 km/h.



Фиг. 5. Конструкцията FLEXIT на Н.Мyburgh

В рамките на разработената от страна на първия автор дисертация, беше защитена нова конструкция на наклоняваща се триколка с оригинално окачване [8], алтернативна за условията на наситеното движение в големия град. На фиг.6 са показани два кадъра от изпитването на новата, реално изпълнена триколка.



a)



b)

Фиг. 6. Изпитвания на новата триколка [8] при десен (a) и при ляв (б) завои

С настоящата разработка се цели да се популяризират резултатите от проведените изследвания, свързани с определянето на динамичната стабилност на новата асиметрична триколка.

ИЗЛОЖЕНИЕ

На фиг. 7 е показано окачването на новата асиметрична триколка.

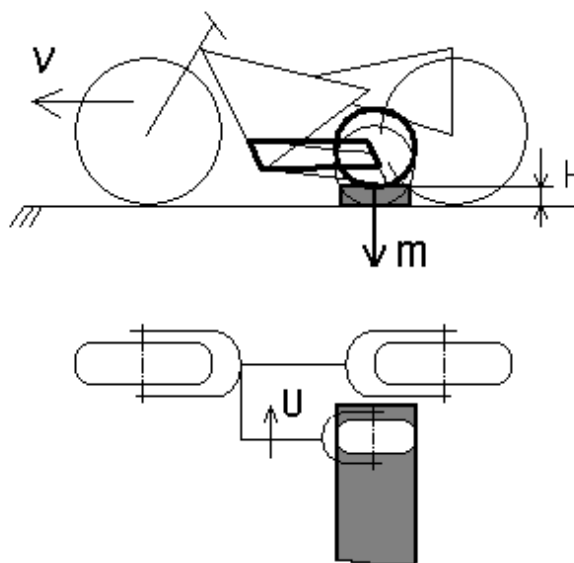


Фиг. 7. Окачването на третото колело в новата асиметрична триколка

Върху патентованата триколка бяха проведени експериментални изследвания. За целта, върху полигон с асфалтова настилка с добро качество беше монтирано неподвижно препятствие (дървена гредка) с височина 0,1 m. Триколката беше придвижвана на собствен ход по такъв начин, че третото, шарнирно монтираното към мотоциклета колело, беше насочвано да преминава при всеки проход през края на препятствието, а мотоциклетът се движеше отстрани на препятствието по равния терен. Целеше се да се имитира случаят, при който третото колело попада върху препятствие, представляващо неравност на пътя, като се отчита неговото въздействие върху напречната стабилност на мотоциклета и като цяло върху трептенията на цялостно окомплектованата триколка.

На фиг.8. е показана схемата за провеждане на експеримента, при която третото колело с маса m (kg) от триколката преминава със скорост V (km/h) през препятствието с височина h (mm) и предизвиква в основния агрегат – мотоциклета напречна на движението виброскорост U (mm/sec) измервана с помощта на специализиран портативен уред за контрол на вибрации, модел PCE-VT1000 [7]. За провеждането на експериментите беше използвана известната методика от теорията на планирания експеримент [1, 2] и [10]. Проведен беше експеримент от типа ПФЕ 3^2 . В таблица №1 е показана матрицата на експеримента.

Неизвестните коефициенти на търсения модел се определят по формулите:



Фиг. 8. Схемата на експеримента

$$b_0 = 0,55556 \sum_{i=1}^9 x_{0j} \cdot y_j - 0,33333 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^9 x_{ij}^2 \cdot y_j$$

$$b_i = 0,16667 \cdot \sum_{j=1}^9 x_j \cdot y_j$$

$$b_{ik} = 0,25000 \cdot \sum_{i=1}^2 \cdot \sum_{j=1}^9 x_{ij} \cdot x_{kj} \cdot y_j$$

$$b_{ii} = 0,50000 \sum_{i=1}^2 \cdot \sum_{j=1}^9 x_{ij}^2 \cdot y_j - 0,33333 \sum_{j=1}^9 y_j$$

където $i \in \{1 \div k\}$ е брояч на факторите - в случая $k = 3$, $j \in \{1 \div 9\}$ – брояч на опитите при 3 повторения за всеки в експеримента.

С помощта на специализирана програма беше получен следният пълен математически модел:

$$U = 19,01 + 12,29 \cdot X_1 + 6,62 \cdot X_2 - 3,39 \cdot X_1 \cdot X_2 + 7,23 \cdot X_1^2 + 10,67 \cdot X_2^2 \quad (1)$$

Спрямо стойностите на коефициентите в модела (1) могат да бъдат направени следните коментарии:

- двата входни фактора V (X_1) и m (X_2) влияят по един и същи начин върху параметъра: с тяхното нарастване, нараства линейно и параметъра;
- влиянието на първия фактор V (X_1), в рамките на избраното факторно пространство, е два пъти по-силно от това на втория m (X_2);

Таблица №1

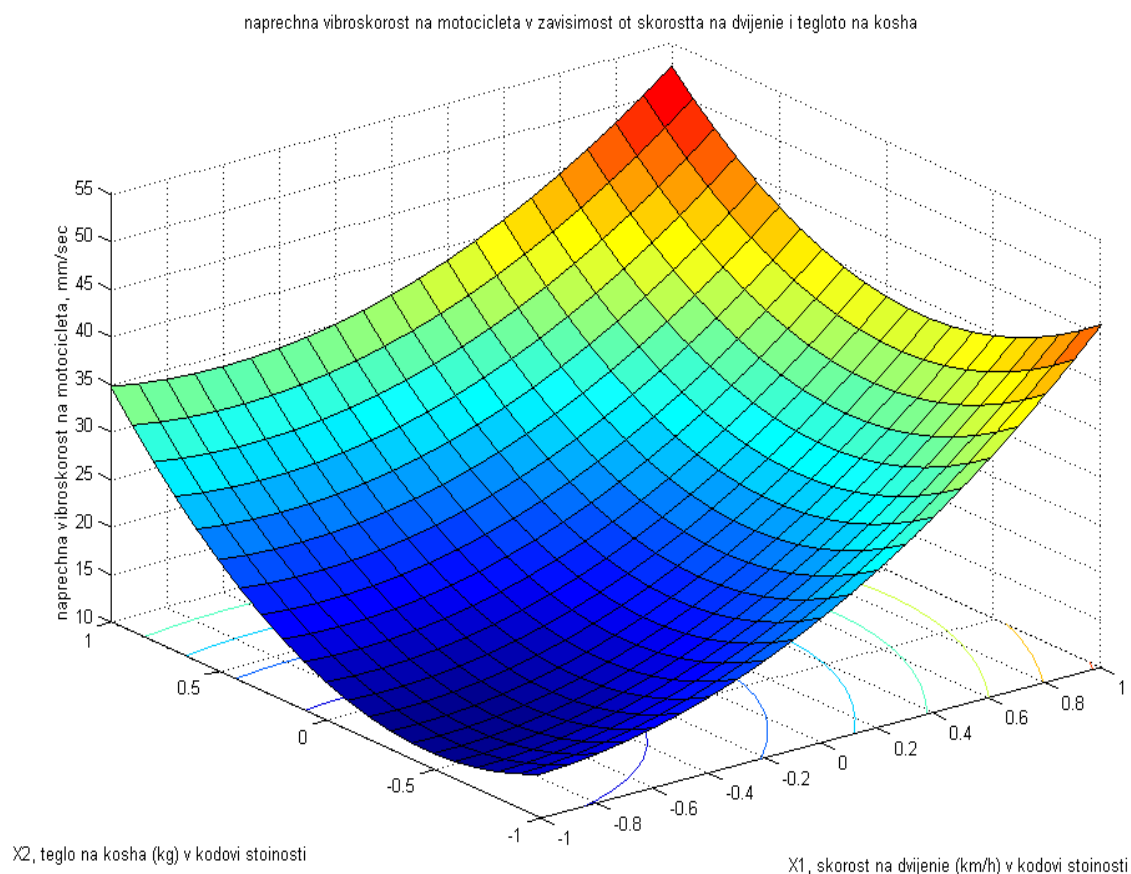
X_i № j	X_0	Скорост на движение X_1 V , km/h	Маса на коша X_2 m , kg	Емпирично измерени стойности на напречната виброскорост на мотоциклета U , mm/sec	Средна стойност $\bar{U}$, mm/sec	По модела (1) U_M , mm/sec
1	+1	+1 30	+1 70	51 ; 50,6 ; 60	53,86	52,43
2	+1	0 20	+1 70	36 ; 37,2 ; 40	37,73	36,3
3	+1	-1 10	+1 70	33,7 ; 31,5 ; 30	31,73	34,63
4	+1	+1 30	0 55	24,9 ; 27 ; 48	33,30	38,53
5	+1	0 20	0 55	19,2 ; 21,4 ; 21,7	20,76	19,01
6	+1	-1 10	0 55	16,3 ; 19,2 ; 16,7	17,40	13,95
7	+1	+1 30	-1 40	48,5 ; 45,3 ; 55,4	49,73	45,97
8	+1	0 20	-1 40	19,9 ; 21,1 ; 18,6	19,86	18,35
9	+1	-1 10	-1 40	12,2 ; 16,4 ; 13,5	14,03	14,41

- коефициентът на смесеното псевдолинейно въздействие (b_{12}) на двата входни фактора е относително малък по стойност и с отрицателен знак, и спрямо него е целесъобразно да се направи проверка за значимостта му;
- стойностите на двата квадратични коефициента в модела (b_{11} и b_{22}) са близки по модул и с еднакви знаци, което е една

предпоставка за търсенето на относителен оптимум на параметъра.

В програмната среда на MATLAB [9] беше съставена алгоритмична програма за визуализация на модела (1).

На фиг.9 е показана 3D-графична илюстрация на модела, а програмата е поместена под самото изображение.



Фиг. 9. Визуализация на модела (1), получена с помощта на MATLAB [9]

```
X1=-1:1:1;X2=-1:1:1;[X1,X2]=meshgrid(X1,X2);grid;
U=19.01+12.29.*X1+6.62.*X2-3.39.*X1.*X2+7.23.*X1.^2+10.67.*X2.^2; surf(X1,X2,U);
xlabel('X1, skorost na dvijenie (km/h) v kodovi stoinosti'); ylabel('X2, teglo na kosha (kg) v kodovi stoinosti');
zlabel('naprechna vibroskorost na motocicleta, mm/sec');title('naprechna vibroskorost na motocicleta v zavisimost ot skorostta na dvijenie i tegloto na kosha')
```

С помощта на втора специализирана програма спрямо модела (1) бяха направени стандартните проверки за значимост на неговите коефициенти, за еднородност на дисперсиите (възпроизводимост на модела) в рамките на получените експеримен-

тални стойности на параметъра и за адекватност.

Моделът издържа на всички проверки, което беше потвърдено със съответните критерии. За оценка по критерия за адекватност на Фишър беше прието, че смесеният коефициент b_{12} е пренебрежим.

С помощта на специализирания оператор **surf** в програмната среда на MATLAB беше локализиран минимум за параметъра **U** в точката $X_1 = -1$ и $X_2 = -0,5$. Тези кодирани стойности съответстват на реалните: $V = 10 \text{ km/h}$ и $m = 50 \text{ kg}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направеното изследване се доказва, че динамичното влияние на третото, асиметрично разположеното с помощта на шарнири колело, преминаващо през препятствия на пътя, е твърде малко спрямо страничното отклонение на основния агрегат – мотоциклета. Този научно доказан резултат се потвърди с реалното усещане на водача.

Полученият оптимум (минимум) с помощта на модела (1) има практическа стойност дотолкова, доколкото с получените резултат от постигната минимизация за големината на страничното отклонение на основния агрегат (мотоциклета), получено вследствие от вертикалното отклонение на третото колело, може да се прогнозира някои експлоатационни параметри.

Например кошът, оформен над третото колело, може да се използва като обем, в който да се разположи седалка за трети пътник. По този начин триколката от двуместна може да се превърне в триместна и при наличието на по-малки габарити спрямо тези на най-популярния в момента двуместен автомобил SMART, ще може да го конкурира по цена, по необходимото място за паркиране, както и по отношение на стабилността към пътя.

В обема на коша е възможно да се монтира двигател с вътрешно горене, алтернативен по място на основния или електродвигател, задвижван с акумулатор, с което при монтирането на купе над основния агрегат, става възможно да се използват и елементи на оборудването на автомобила – чистачки на предното стъкло, предпазни колани и балони.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ангелов Н.П., Изпитване и изследване на металорежещи инструменти, Издание на Техническият университет - София, 1995.
- [2] Ангелов Н.П., Учебно помагало с протоколи за лабораторни упражнения по обработване на материалите и инструментална екипировка, Издание на Техническият университет - София, 2008.
- [3] Интернет-страница на CARVER (Compact Low Emission Vehicle for Urban Transport), http://carscoop.blogspot.com/2006/04/bmw-clever-concept_20.html
- [4] Интернет-страница на EZS, <http://www.ezs-sidecar.com>
- [5] Интернет-страница на Flexit, <http://www.my-mc.com/messages/1/39085.html?1091137038>
- [6] Интернет-страница на HondaGyro, http://www.maxmatic.com/ttw_hondagyro.htm
- [7] Интернет-страница на PCE Group, Pocket vibration analyzer to measure vibration velocity in machines, PCE-VT1000, www.industrial-needs.com/measuring-instruments.htm
- [8] Интернет-страница на Piaggio, http://www.mp3.piaggio.com/index_eng.html
- [9] Червендинев Г.П., Асиметрична триколка, Потвърдена заявка пред Патентното ведомство на Република България за регистрация на Полезен модел, № 1431/22.04.2008
- [10] MATLAB Image Processing Toolbox. User's Guide, "The Math-Works Inc.", 2000.
- [11] Vuchkov I.N., Bojadjieva L.N., Quality Improvement with Design of Experiments. A response Surface Approach, "Kluwer Academic Publishers", Dordrecht, Netherland, 2001

ЗА КОНТАКТИ С АВТОРИТЕ

Маг. инж. Георги Петров Червендинев е задочен докторант в катедра «Инженерен дизайн» към Техническият университет – София. <georgi@3sd.eu>

Д-р инж. Николай Петров Ангелов, д.т.н., ръководител на докторантурата на първия автор, е доцент в катедра «Технология на машиностроенето и металорежещи машини» към Техническият университет – София. <n.angelov@tu-sofia.bg>