

Моделиране поведението на лек автомобил при движение с престрояване

Христина Георгиева, Лило Кунчев

Modeling of lane change behavior of vehicle: The paper presents results of mathematical modeling of vehicle motion during lane change maneuver. Test conditions, method, data processing, analysis and presentation are according to ISO 3888-2:2002. Obtained results showed that vehicle directional stability and handling performance was mainly influenced by the vehicle speed and position of vehicle center of gravity.

Key words: modeling, vehicle, lane change maneuver.

Key words: lane change, vehicle, modeling.

ВЪВЕДЕНИЕ

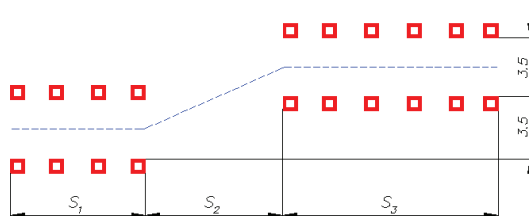
Курсовата устойчивост на автомобила е експлоатационно свойство, което му осигурява запазване траекторията на движение или нейното възстановяване, след възникване на силово въздействие в странично направление (страничен вятър, неравности по пътя, завъртане на кормилното колело и др.) [1]. Тя зависи от: скоростта на движение, положението на масовия център на автомобила, тип и размер на гумата, опитността на водачът на лекия автомобил.

Проблемът с моделиране на курсовата устойчивост на движение на лек автомобил е широко изследван в литературата и представлява част от пътната безопасност на автомобила [2,3,4].

Като оценка за курсовата устойчивост на лек автомобил може да се разгледа изпитанието „движение с престрояване“ [5].

По време на това изпитване чрез кратковременни отклонения от първоначално приетата праволинейна траектория на движение, автомобилът да получи „смущение“ вследствие собствените си инерционни сили, при което може да се получи информация както за граничната стойност на скоростта, при която колелата „унасят“, така и възможността му да възстанови праволинейната си траектория.

Пътният участък се разделя на три подучастъка S_1 , S_2 и S_3 , съгласно фиг. 1.



Фиг. 1. Изпитателен участък при „движение с престрояване“

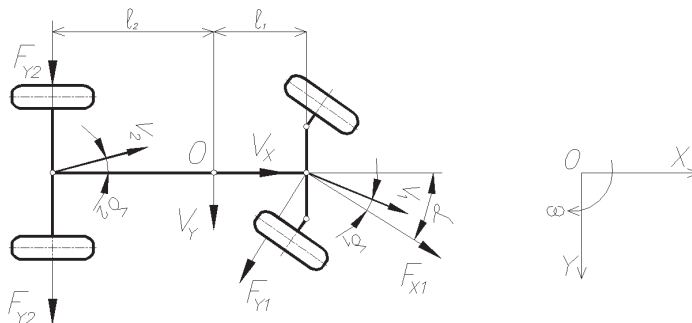
1 – Входен участък, $S_1=40$ m, 2 – Междинен участък, $S_2=12$ m, 3 – Изходен участък, $S_3=30$ m

Целта на настоящата работа е да се моделира поведението на автомобила по време на "движение с престрояване" и да се оцени влиянието на скоростта на движение, положението на масовия център на автомобила, коефициентът на съпротивление срещу странично увличане на гумата и ъгълът на отклонение на кормилното колело върху курсовата устойчивост на движение на лекия автомобил.

МАТЕМАТИЧЕСКО МОДЕЛИРАНЕ "ДВИЖЕНИЕ С ПРЕСТРОЯВАНЕ"

Математичен модел на автомобиля за изследване поведението на автомобил при "движение с престо̀рояване"

За изследване поведението на автомобил при "движение с престо̀рояване" се използва математичният модел на Segel [6], представен на фиг. 2. Той изследва движението на автомобиля по отношение на преместването на масовия му център по направление на ос O_y и завъртане му около ос O_z .



Фиг. 2. Математичен модел за изследване поведението на автомобил при "движение с престо̀рояване"

Приемайки, че ъглите δ на странично увличане са малки, за ъгъла на странично увличане е в сила следната зависимост [7]:

$$\delta_1 = \alpha - \tan^{-1} \left(\frac{V_y + l_1 \dot{\psi}}{V_x} \right) \quad (1)$$

$$\delta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{l_2 \dot{\psi} - V_y}{V_x} \right)$$

За диференциалните уравнения описващи системата се получава:

$$\begin{cases} m\ddot{y} = 2F_{y2} + 2F_{y1}\cos(\alpha) + 2F_{x1}\sin(\alpha) \\ I_{oz}\ddot{\psi} = 2l_1F_{y1}\cos(\alpha) - 2l_2F_{y2} + 2l_1F_{x1}\sin(\alpha) \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \ddot{y} = [2F_{y2} + 2F_{y1}\cos(\alpha) + 2F_{x1}\sin(\alpha)] : m \\ \ddot{\psi} = [2l_1F_{y1}\cos(\alpha) - 2l_2F_{y2} + 2l_1F_{x1}\sin(\alpha)] : I_z \end{cases} \quad (3)$$

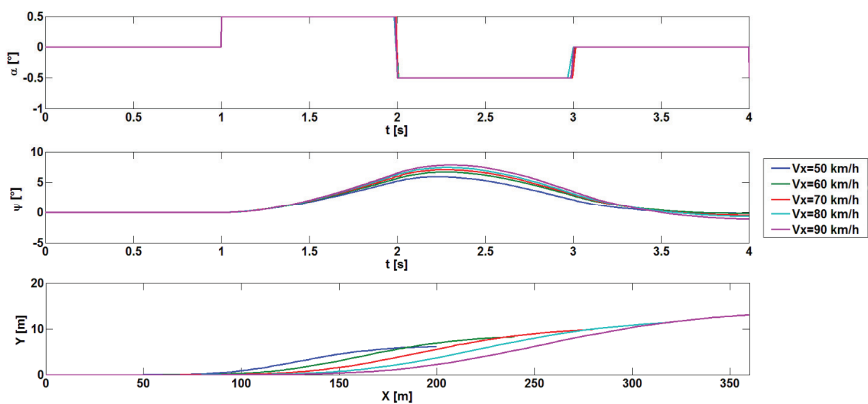
Резултати от численото пресмятане на модела

Численото пресмятане е направено в среда на Matlab. Основните параметри на моделирания автомобил са посочени в Таблица 1.

Таблица 1
Основни параметри на моделирания автомобил

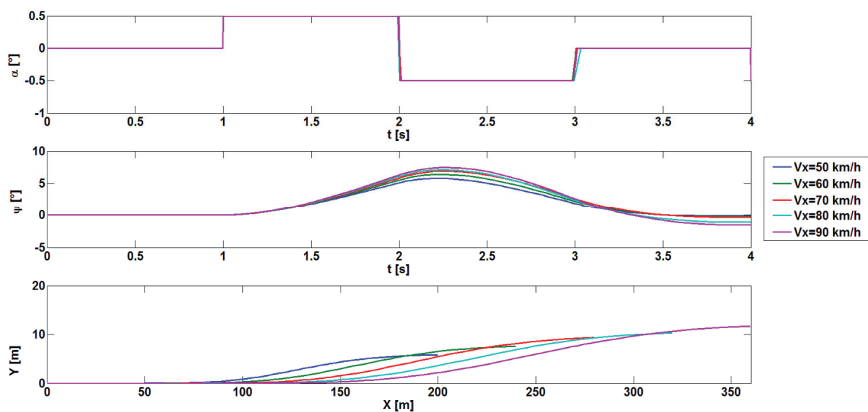
Пълна маса на автомобиля	1460 kg
Габаритна дължина на автомобиля	4130 mm
Габаритна ширина на автомобиля	1620 mm
Габаритна височина на автомобиля	1446 mm
Междуосово разстояние	2686 mm
Разстояние от МЦ до предна ос / задна ос	1321 mm / 1365 mm
Гума	195/50R15 82 V

На фиг. (3-6) са показани част от по-важни резултати получени при численото пресмятане.



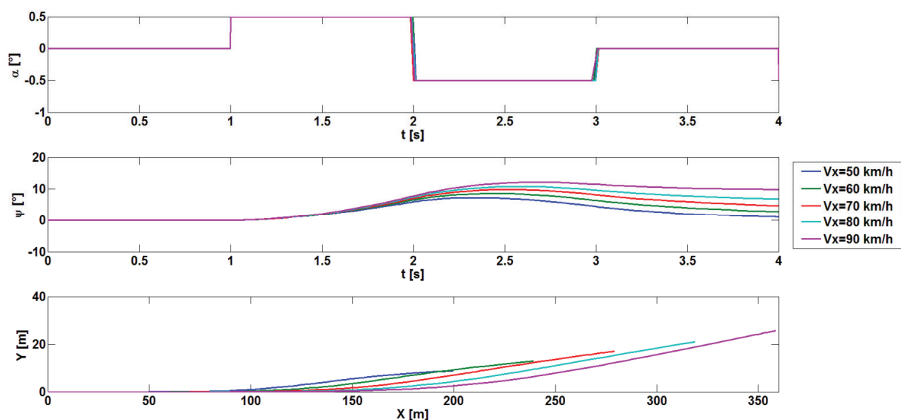
Фиг. 3 Ъгъл на отклонение на управляемите колела/ Ъгъл на отклонение на масовия център на автомобила / Траектория на автомобила, получени за:

$$K_{y1}=K_{y2}=702 \text{ N/deg}, l_1=1.321 \text{ m и } l_2=1.365 \text{ m}, \theta=10 \text{ deg}$$



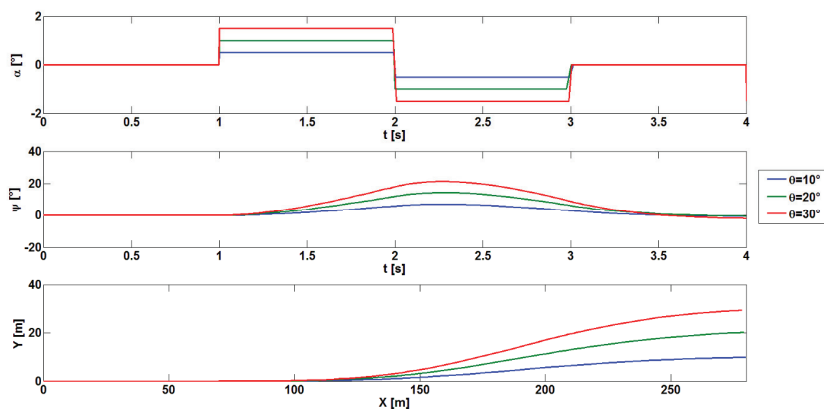
Фиг. 4 Ъгъл на отклонение на управляемите колела/ Ъгъл на отклонение на масовия център на автомобила / Траектория на автомобила, получени за:

$$K_{y1} < K_{y2} (702 < 712) \text{ N/deg}, l_1=1.321 \text{ m и } l_2=1.365 \text{ m}, \theta=10 \text{ deg}$$



Фиг. 5 Ъгъл на отклонение на управляемите колела/ Ъгъл на отклонение на масовия център на автомобила / Траектория на автомобила, получени за:

$$K_{y1}=K_{y2}=702 \text{ N/deg}, l_1=1.365 \text{ m и } l_2=1.321 \text{ m}, \theta=10 \text{ deg}$$



Фиг. 6 Ъгъл на отклонение на управляемите колела/ Ъгъл на отклонение на масовия център на автомобила / Траектория на автомобила, получени за:

$$V_x = 70 \text{ km/h}, K_{y1}=K_{y2}=702 \text{ N/deg}, l_1=1.321 \text{ m и } l_2=1.365 \text{ m}$$

При числено пресмятане получаваме следните резултати:

1. С увеличаване на скоростта на движение на лекия автомобил (фиг. 3, 4 и 5):
 - ъгълът, на който се отклонява масовия център на автомобила по ос O_z се увеличава;
 - преместването на масовия център на автомобила по направление на ос O_y се увеличава.
2. С увеличаване ъгъла на който се отклонява кормилното колело стойностите на преместването на масовия му център по ос O_y и завъртането му около O_z се увеличават (фиг. 6).

3. С преместването на масовия център на автомобила към задната ос се получават по-големи стойности на отклонение му по ос O_y и завъртането му около O_z (фиг. 5).

4. С увеличаване на коефициента на съпротивление срещу странично увличане на гумата стойностите на отклонение на масовия му център по ос O_y и завъртането му около O_z намаляват (фиг. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работата е предложен математически модел на автомобил, с чиято помощ може да се моделира пътното му поведение по време на „движение с престрояване“.

С помощта на „движение с престрояване“ може да се покаже влиянието на скоростта на движение, разположението на масовия център на автомобила и коефициентът на съпротивление срещу странично увличане върху курсовата устойчивост на движение на лек автомобил.

Изпитанието „движение с престрояване“ позволяват да се намерят подходящи варианти за избор на гуми, вътрешно им налягане на въздуха на съответните мостове и скоростта на движение, които дават възможност за най-устойчиво движение в случай на рязко отклонение от праволинейното движение.

За конкретното числено пресмятане оптимален вариант за стойностите на преместването на масовия му център по ос O_y и завъртането му около O_z се увеличават се получава при: скорост на движение $V_x=50$ km/h, коефициент на съпротивление срещу странично увличане на гумата $K_{y1}<K_{y2}$ (702<712) N/deg и при положение на масовия център на автомобила $l_1=1.321$ m и $l_2=1.365$ m.

За в бъдеще се предвижда сравняване на получените резултати от числените пресмятания с резултати от пътен експеримент.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Milliken W., Milliken D., 1995. Race car and vehicle dynamics, SAE International.
- [2] Lundahl, K. Modeling and Optimization for Critical Vehicle Maneuvers, 2013, ISBN 978-91-7519-561-2.
- [3] Lozia, Z. An analysis of vehicle behaviour during lane-change manoeuvre of an uneven road surface, 1992.
- [4] O'Hara, S., R. Vehicle path optimization of emergency lane change maneuvers for vehicle simulation, 2005.
- [5] ISO 3888-2:2011. Passenger cars – Test track for a severe lane-change manoeuvre – Part 2: Obstacle avoidance.
- [6] Segel, M. Theoretical prediction and experimental substantiation of the response of the automobile to steering control. Proc. automobile division of the institut of mechanical engineers, 1956.
- [7] Wong, J., 1978, Theory of ground vehicles. New York: John Wiley and Sons, Inc.

За контакти:

Докторант Христина Георгиева, Катедра “Двигатели, автомобили и транспортна техника”, Технически университет – София, e-mail: hgeorgieva@tu-sofia.bg

Проф. д-р Лило Кунчев, Катедра “Двигатели, автомобили и транспортна техника”, Технически университет – София, e-mail: lkunchev@tu-sofia.bg

Докладът е рецензиран.



РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „АНГЕЛ КЪНЧЕВ“
UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV“

ДИПЛОМА

Програмният комитет на
Научната конференция RU&SU'15
награждава с КРИСТАЛЕН ПРИЗ

“THE BEST PAPER”

ХРИСТИНА ГЕОРГИЕВА и
проф. д-р ЛИЛО КУНЧЕВ
автори на доклада

**“Моделиране поведението на лек автомобил
при движение с престрояване ”**

DIPLOMA

The Programme Committee of
the Scientific Conference RU&SU'15
Awards the Crystal Prize

"THE BEST PAPER"

to HRISTINA GEORGIEVA and
prof. LILO KUNCHEV, PhD
authors of the paper

“Modeling of lane change behavior of vehicle”

РЕКТОР
RECTOR

Чл.-кор. проф. д.т.н. Христо Белоев
Prof. DSc Hristo Beloev

10.10.2015