

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТТА ЗА ВЪЗНИКВАНЕ НА КОНТАКТ МЕЖДУ ПЪТНАТА ПОВЪРХНОСТ И ПОДА НА АВТОМОБИЛА ПРИ ПРЕМИНАВАНЕ ПРЕЗ ЕДИНИЧНИ НЕРАВНОСТИ С КОСИНУСОИДАЛНА ФОРМА

гл. ас. д-р Красимир НЕДЕЛЧЕВ

катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт”, Технически университет – София, България
E-mail: krasined@tu-sofia.bg

Резюме:

В работата се изследва влиянието на единични пътни неравности с косинусоидална форма върху възможността за поява на контакт между пътната повърхност и пода на автомобила. Изследва се влиянието на дължината на вълната на пътната неравност и скоростта на автомобила върху клиренса му при преминаване с постоянна скорост и различно положение на масовия център.

Ключови думи: *пътни неравности, собствени честоти, автомобил*

1. Въведение

В големите градове с цел принудително ограничаване на скоростта на транспортните средства (ТС) се използват единични неравности известни под наименованието „Легнал полицай”. На други места в следствие на некачествен ремонт на пътното платно или прокопаване на напречни канали за кабели и тръбопроводи също се образуват такъв тип неравности, които в случая не са обвързани с пътната маркировка. В много от случаите изкуствените неравности не са маркирани с подходящ цвят, така че да се забелязват на достатъчно голяма дистанция от водачите на ТС позволяваща плавно намаляване на скоростта преди неравността.

При преминаване през такива неравности, които в много от случаите са и с голяма амплитуда (размах) води до възникване на контакт между неравността и пода на автомобила, което може да доведе до деформация на елементи от конструкцията на автомобила.

При преминаване през една и съща неравност от разглежданият тип с лек автомобил се забелязва, че:

- при преминаване с ниски скорости $V \leq V_1$ няма опасност от възникване на контакт между купето и неравността;
- при преминаване с не много високи скорости $V_1 \leq V \leq V_2$ възниква контакт между неравността и купето.

- при преминаване с по-високи скорости $V \geq V_2$ не възниква контакт между пода на купето на автомобила и неравността.

Целта на настоящата работа е да се определи връзката между дължината на вълната на единични пътни неравности с косинусоидална форма и скоростта на ТС върху възможността за възникване на контакт между пода на автомобила и пътната неравност.

В настоящата работа не се разглежда изменението на надлъжната и вертикалната съставяща на сила на взаимодействие между гумата и пътя, които възникват в елементите от окачването при преминаването на ТС през единични неравности.

2. Методика на изследването

Изследването е извършено с тримасов равнинен модел на двусно ТС. Поради равнинния характер на модела не се изследва влиянието на разменните вълни по левите и десните колела на ТС.

С помощта на модела се определя, при каква комбинация от скорост и дължина на вълната на пътната неравност ще възникне контакт между пода на автомобила и неравността.

Възможността за възникване на контакт между пода на купето и неравността се определя като се измерва разстоянието между точката, в която е налице максимум на пътната неравност и пода на купето на ТС (фиг.1. Z_k).

Измерването се осъществява във всеки момент от преминаването на автомобила през неравността с определена скорост. Определя се минималната стойност на разстоянието между купето и неравността Z_k , като отрицателната стойност определя възникнал контакт с пода на купето на автомобила. При изчислението не се определя продължителността на отрицателните стойности на Z_k . По този начин се определят минималните стойности на Z_k , за определен диапазон от скорости и дължини на вълните на пътните неравности, при постоянна стойност на амплитудата на неравността.

2.1 Модел на ТС

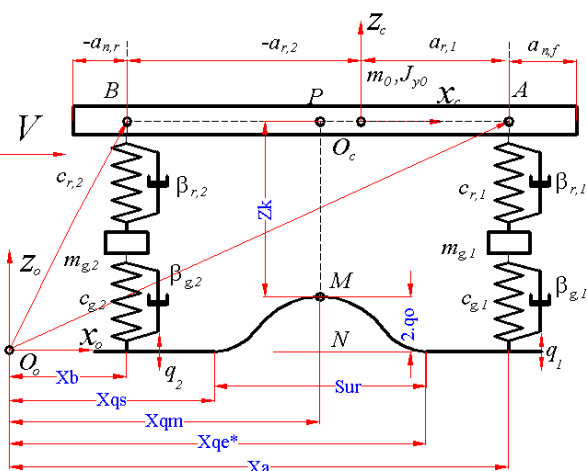
За изследването се използва тримасов модел на ТС с еластични и демпфиращи връзки между отделните маси, както е показано на фиг.1.

Векторът на обобщените координати за разглежданата механична система е:

$$(1) \quad q(t) = [Z_c, \varphi_{y,c}, Z_{g,1}, Z_{g,2}]^T$$

където Z_c – вертикално преместване на масовият център на ТС, m ; $\varphi_{y,c}$ – ъглово завъртане на подресорената маса на ТС около ос Y , минаваща през масовият център на автомобила, deg; $Z_{g,1}$ – вертикално преместване на предният мост, m ; $Z_{g,2}$ – вертикално преместване на задният мост, m .

Матриците на състоянието на използваният за изследването модел са известни и не представляват интерес и затова не са представени в настоящата работа.



Фиг.1. Модел на ТС използван за определянето на разстоянието между пода на автомобила и пътната неравност.

При изследването са направени следните допускания:

- прието е, че първо възниква контакт в точката в която има екстремум (максимум) използваната функция на кинематичното смущение на пътната неравност (т.М);
- изследвано е само преминаването през неравност с изпъкнала форма на кинематичното смущение;
- при изследването не е отчетена филтриращата способност на гумата [1, 2, 3], която е от съществено значение при преминаване през неравности с малка дължина на вълната;
- проекцията на отсечката АВ върху оста X е константа.

За изследването са приети следните параметри на механичната система:

- $m_0 = 1440$, kg – маса на автомобила;
- $J_{y0} = 2200$ kg.m² – инерционен момент на автомобила около ос Y;
- $m_{g1} = 80$, kg – маса предният мост;
- $m_{g2} = 85$ kg – маса на задният мост;
- $a_{r1} = 1,2$ * m – разстояние от центъра на тежестта до предният мост;
- $a_{r2} = 1,5$ * m – разстояние от центъра на тежестта до задният мост;
- $L_q = 2,7$ m – база на автомобила;
- $Z_{k0} = 0,11$ m – клиренс на автомобила;
- $c_{r1} = 35000$, N/m – коефициент на еластичност на предното окачване;
- $c_{r2} = 31000$, N/m – коефициент на еластичност на задното окачване;
- $c_{g1} = 190000$, N/m – коефициент на еластичност на предните гуми;
- $c_{g2} = 190000$, N/m – коефициент на еластичност на задните гуми;
- $\beta_{r1} = 1800$, N.s/m – коефициент на демпфиране на предното окачване;
- $\beta_{r2} = 1300$, N.s/m – коефициент на демпфиране на задното окачване;
- $\beta_{g1} = 50$, N.s/m – коефициент на демпфиране на предните гуми;
- $\beta_{g2} = 50$, N.s/m – коефициент на демпфиране на задните гуми;

За изследването са приети следните диапазони на изменение на:

- $S_{ur} = [0,1; 0,1; L_q]$, m – диапазон на изменение на дължината на вълната на кинематичното смущение;
- $V_{ur} = [5; 1; 50]$, km/h – диапазон на изменение на скоростта на движение на ТС;

$a_{r1}=[0,8:0.1:1,9]$, m – диапазон на изменение на разстоянието от масовият център на ТС до предният мост;

$a_{r2} = L_0 - a_{r1}$, m – диапазон на изменение на разстоянието от масовият център на ТС до задният мост;

Собствени честоти на системата със зададените параметри на модела на ТС са: [0,9820; 1,0902; 7,9792; 8,1739];

2.2 Форма кинематичното смущение

За изследването се използва кинематично смущение със косинусоидална форма, имащо вида:

$$(2) \quad q_{i,j} = q_0 \cdot \left[1 - \cos \left(\Omega \cdot V \cdot \left(t - \frac{L_{q,i}}{V} \right) - \psi_j \right) \right],$$

където: $\Omega = 2\pi/S$ - пътна честота, [rad/m];

V - скорост на движение на ТС, [m/s];

L_q – база на ТС (за първи мост $L_q=0$; за втори мост $L_q=L_{q1}$), [m];

L_{q1} - база на ТС, между първи и втори мост, [m];

$v=\Omega \cdot V$ - *честота на кинематичното смущение, [rad/s] ($v = \frac{V}{S}$, [Hz]; $v = 2\pi \frac{V}{S}$, [rad/s]);

S – дължина на вълната на пътната неравност, [m];

$\psi = \frac{2\pi}{S}(S + dL_q)$ - разлика във фазите на

вълните на пътните неравности действащи върху левите и десните колела на ТС, [rad];

dL_q – разстояние между два съседни максимума на левите и десни колела, [m];

$q_0=0,04$ - амплитуда на кинематичните смущения, [m].

2.3 Определяне на разстоянието между пътната повърхност и пода на купето

За определяне на разстоянието между пода на ТС и пътната неравност се използва уравнение на права между т.А и т.В. По този начин във всеки един момент от време като се знае положението на т.А и т.В, се определя уравнението на правата АВ, която определя нивото на пода на автомобила. Въз основа на това, като се знае положението на максимума на пътната неравност се определя разстоянието между пода на автомобила и пътната неравност по формулата:

$$(3) \quad Z_k = \frac{Z_A - Z_B}{X_A - X_B} \cdot (X_{qm} - X_B) + Z_B - 2 \cdot q_0$$

където: Z_k – разстоянието между пода на автомобила и пътната неравност, m ;

$Z_A = Z_C + a_{r1} \cdot \varphi_{y,c}$ – вертикално преместване на т.А при движението на ТС, m ;

$Z_B = Z_C + a_{r2} \cdot \varphi_{y,c}$ – вертикално преместване на т.В при движението на ТС, m ;

$X_A = t \cdot V$ – надлъжно преместване на т.А при движението на ТС, m ;

$X_B = X_A - \Delta X_{AB}$ – надлъжно преместване на т.А при движението на ТС, m ;

$\Delta X_{AB}=AB= a_{r1}+a_{r2}$ – проекция на отсечката АВ върху ос X , m ;

$\Delta t_{AB}= \Delta X_{AB}/V$ – проекция на отсечката АВ върху ос t , s ;

$t_{qs}= X_{qs}/V$ – начална стойност на времето, в която започва симулацията на движението на ТС, s ;

$X_{qs}=a_{tr}+a_{r1}+a_{r2}$ – начална стойност на надлъжното преместване, в която започва симулацията на движението на ТС, m ;

$t_{qm}= X_{qm}/V$ – стойност на времето, при която има максимум на пътната неравност, s ;

$X_{qm}=X_{qs}+S_{ur}/2$ – стойност на надлъжното преместване, при която има максимум на пътната неравност, m ;

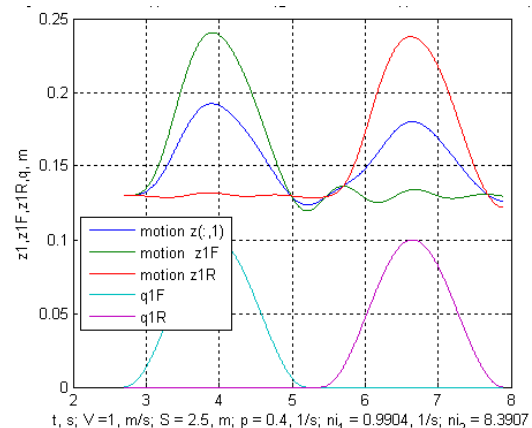
$t_{qe}= X_{qe}/V$ – стойност на времето, при която завършва симулацията на движението на ТС (и двата моста са преминали през неравността), s .

$X_{qe}=2 \cdot X_{qs} + a_{tr} + S_{ur} + a_{tr}$ – стойност на надлъжното преместване, при която завършва симулацията на движението на ТС, m .

3. Резултати от изследването

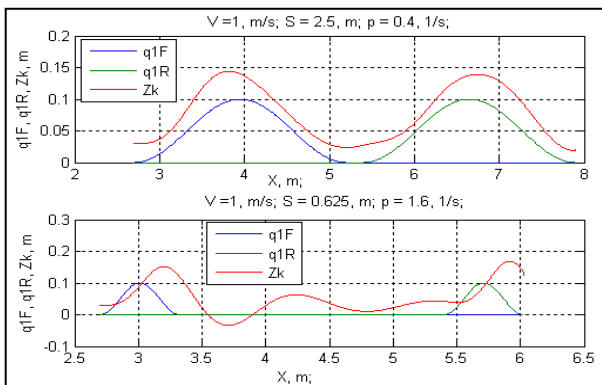
3.1 Числени резултати

На фиг.2÷7 са представени резултати от численото изследване на преминаването на ТС през единична неравност с косинусоидална форма.

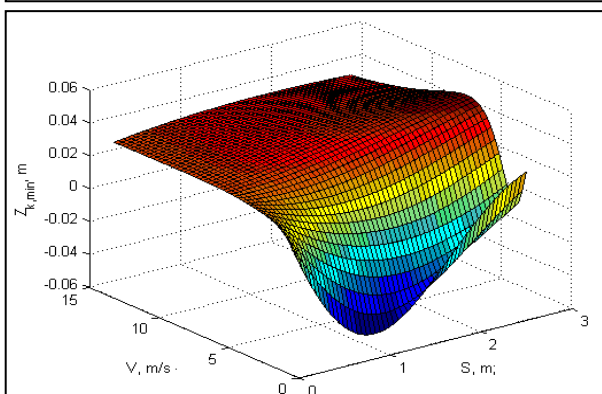


Фиг.2. Графики на изменение на положението на масовия център на ТС, т.А (z1F), т.В (z1R), q_1 (q1F) и q_2 (q1R).

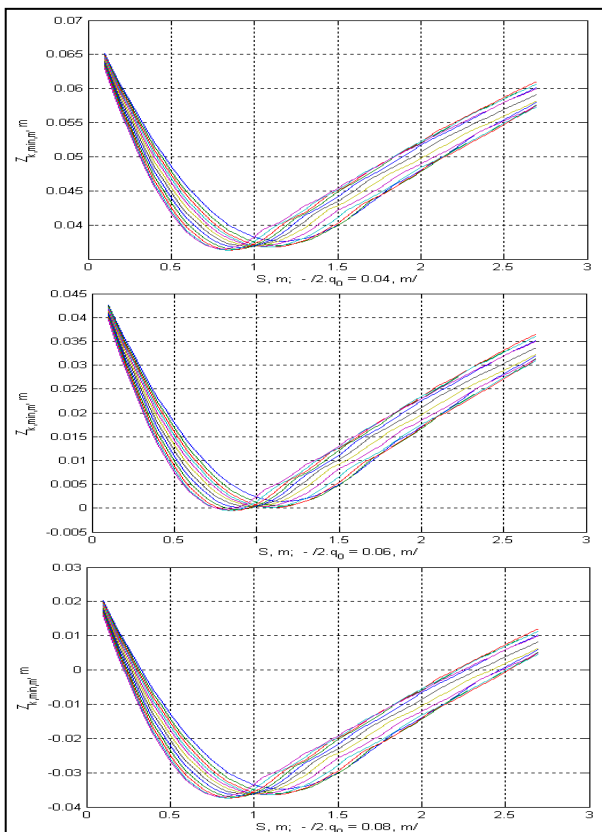
Изследването е проведено при една стойност на клиренса на ТС - Z_{k0} и три стойности на размаха на кинематичното смущение - $2 \cdot q_0 = 0.08; 0,06$ и $0,04$ m .



Фиг.3 Графика на изменението Z_k на при преминаване на двата моста на ТС през единична неравност с косинусоидална форма.

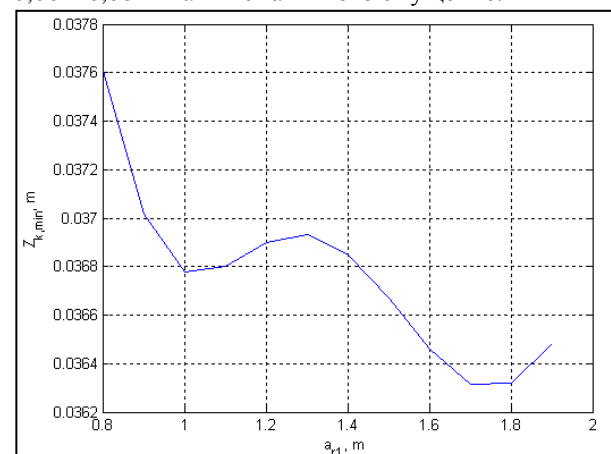


Фиг.4. Графика на изменение на $Z_{k,min}$ при изменение на скоростта V на ТС и дължината на вълната S на неравността с размах $2.q_0=0.08$, m.

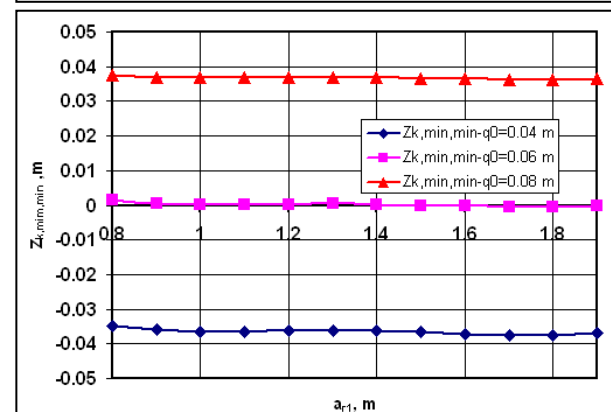


Фиг.5. Графика на изменение на $Z_{k,min,m}=f(S_{ur})=\min(S_{ur}, V_{ur})$, при различни стойности на a_{r1} (различно положение на масовия център).

На фиг.5 трите графики са получени при преминаване през неравност с размах $2.q_0=0,04; 0,06$ и $0,08$ m на кинематичното смущение.



Фиг.6. Графика на изменение на $Z_{k,min}$ при изменение на положението на масовия център a_{r1} . При преминаване през неравност с размах $2.q_0=0.04$, m



Фиг.7. Графика на изменение на $Z_{k,min,min}=\min\{f(Sur)\}$ при изменение на положението на масовия център a_{r1} . При преминаване през неравност с размах $2.q_0=0.04; 0,06$ и $0,08$ m

3.2. Анализ на резултатите

От направените изследвания се вижда, че при определени комбинации от скорости и дължини на вълните на кинематичните смущения може да се получи контакт между пода на купето и пътната неравност. За разглеждания вариант на ТС, това се получава при неравност с размах по – голям от 63% от зададеният клиренс.

При неравности с размах на кинематичното смущение по-голям от посоченият предотвратяването на контакт между пода на купето и неравността може да се осъществи по два начина:

- ❖ преминаване през неравността със скорост $V \leq V_{max,d}$;
- ❖ преминаване през неравността със скорост $V \geq V_{min,u}$.

Скоростите $V_{\max,d}$ и $V_{\min,u}$ зависят от дължината на вълната на кинематичното смущение, като за последна е достатъчно да се определи за неравността с най-голяма дължина на вълната.

4. Изводи

Получените резултати могат да се използват при изграждането на алгоритъм за управление на система за активно управление на окачването комбинира със система за предварителен контрол.

Благодарности: *Научните изследвания и резултатите, които са представени в настоящата публикация са извършени благодарение на финансирането по дог. № 091ни024-04/2009 от вътрешния конкурс за научни изследвания на Технически университет – София, 2009 г.*

Литература

- [1] Kropac O., Mucka P., “Longitudinal road unevenness with periodic components: characterization and effects on people in a traversing vehicle and the loading of the pavement”, Journal Automobile Engineering, vol.219, 2005
- [2] Maurice J., Berzeri M., Pacejka H.B., “Pragmatic tyre model for short wavelength side slip variations”, Vehicle System Dynamics, 1998.
- [3] MF-Tyre & MF - Swift 6.0, User Manual 2005, <http://www.delf-tyre.com>
- [4] Nedelchev K., Investigation on the influence of the connection elasticity in the articulated bus turntable upon the stresses of the front frame of the rear unit, International Scientific Meeting Motor Vehicles & Engines, Kragujevac, 04. - 06.10.2006

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY FOR OCCURRENCE OF A CONTACT BETWEEN THE ROAD SURFACE AND THE CAR FLOOR AT CROSSING TROUGH THE SINGLE ROAD UNEVENNESS WITH COSINUS LIKE FORM

Ph D Eng. Nedelchev K.
Dept. Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport
Technical University – Sofia, Bulgaria
E-mail: krasined@tu-sofia.bg¹

Abstract:

The influence of the single road unevenness with cosinus like form on the possibility of occurrence of contact between the road surface and the car floor is investigated in this work. The investigations on the influence of the length of road unevenness and the vehicle speed on his clearance were made as well at the constant speed and different position of the mass center.

Keywords: *road unevenness, natural frequencies, car*