

Գ.Վ. ՄՈՒՍԱՅԵԼՅԱՆ, Է.Ժ. ՆԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՄԱՐԴԱՏԱՐ ԱՎՏՈՄՈԲԻԼԻ ԿԱՆՈՑՔԻ ՏԱՏԱՆՈՐԱԿԱՆ
ՇԱՐԺԱՆ ՈՒՍՈՒՄԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ ՎԵՐՋԱՎՈՐ ՏԱՐԵՐԻ
ՄԵԹՈԴՈՎ

Վերջավոր տարրերի մեթոդով մշակվել է թեթև մարդատար ավտոմոբիլի տատանողական մոդելը, որի օգնությամբ ուսումնասիրվել է դրա տատանման գործընթացը: Մուտքագրվել է ճանապարհային անհարթության սխեման, որի դեպքում դուրս է բերվել ավտոմոբիլի կախոցքի տատանման ամպլիտուդա-հաճախային բնութագիրը: Ուսումնասիրվել են ավտոմոբիլի անվտանգ շարժման արագությունները՝ տրված ալիքի երկարություն ունեցող ճանապարհով շարժվելիս:

Առաջադրված բանալի: վերջավոր տարրերի մեթոդ, մարդատար ավտոմոբիլի կախոցք, տատանողական մոդել, ամպլիտուդա - հաճախային բնութագիր:

Բարձր արագությամբ շահագործվող ժամանակակից ավտոմոբիլների համար կարևորագույն շահագործական հատկություն է ավտոմոբիլի ընթացքի սահունությունը, որը բնութագրում է վերջինիս ունակությունը՝ շարժվելու արագության տրված միջակայքով, անհարթ մակերևույթ ունեցող ճանապարհով, առանց վարորդի, ուղևորների կամ փոխադրվող բեռի վրա նշանակալի թրթռոցների և հարվածային ներգործության: Նշված շահագործական հատկության լավարկման համար կարևոր նշանակություն ունի ավտոմոբիլի թափքի, որպես տատանողական համակարգի, հետազոտությունը:

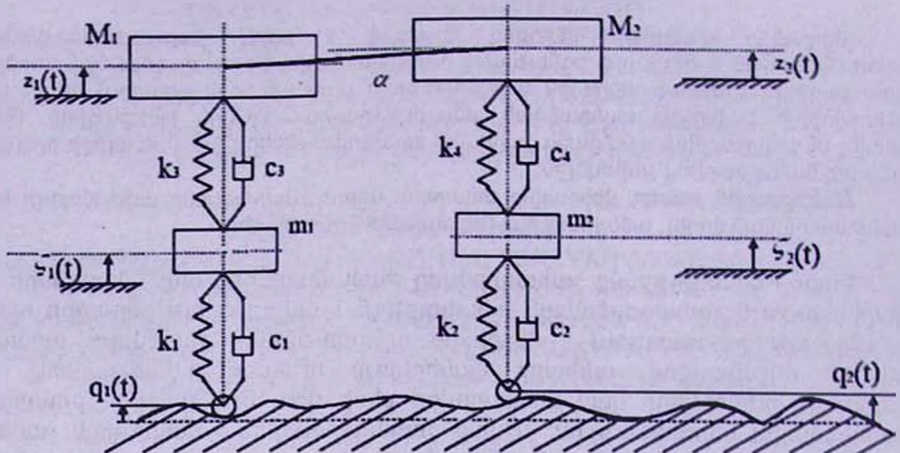
Դասական վերլուծական եղանակով տվյալ խնդրի լուծման ժամանակ ավտոմոբիլը ներկայացվում է որպես նյութական կետերից բաղկացած համակարգ, որը մոդելավորված է զսպակավորված և չզսպակավորված զանգվածներով [1]: Առջևի և հետևի կամրջակները միմյանց միացնող տարրը չի դեֆորմացվում: Թափքը դիտարկվում է բացարձակ կոշտ: Առջևի և հետևի կախոցքների ճկվածքների, թափքի թեքման անկյան և ավտոմոբիլի զսպակավորված զանգվածի ծանրության կենտրոնին համապատասխանող կետի ուղղահայաց տեղափոխության միջև կապը ստացվում է դեֆորմացման հայտնի հավասարումից: Վերը նշված հաշվարկների համար սխեման ունի նկ. 1-ում պատկերված տեսքը [2]:

M_1, M_2, m_1, m_2 զանգվածների համար գրվում են հավասարակշռության հավասարումները, որոնք 4×2 անվային բանաձև ունեցող ավտոմոբիլի համար ունեն երկրորդ կարգի գծային դիֆերենցիալ հավասարումների տեսք:

$$\begin{aligned} Mz_0'' + Z_{n1} + Z_{n2} &= 0, \\ -M\rho_y^2 \alpha'' - Z_{n1}a + Z_{n2}b &= 0, \\ m_1 z_1'' - Z_{n1} + Z_{a1} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

$$m_2 \zeta_2'' - Z_{a2} + Z_{a1} = 0,$$

որտեղ ζ_1 -ը, ζ_2 -ը զսպակավորված զանգվածների տեղափոխություններն են, a -ն, b -ն՝ ծանրության կենտրոնի հեռավորությունները անիվների առանցքներից, α -ն՝ ծանրության կենտրոնի թեքման անկյունը, ρ_y -ը՝ բևեռային կոորդինատը, Z_{a1} -ը, Z_{a2} - ը՝ ավտոմոբիլի առջևի և ետևի զսպակավորված զանգվածների վրա ազդող ուժերը, Z_{a1} -ը, Z_{a2} -ը՝ ավտոմոբիլի առջևի և ետևի չսզպակավորված զանգվածների վրա ազդող ուժերը:



Նկ. 1. Ավտոմոբիլի տատանողական մոդելը

Որոշակի ձևափոխություններից հետո բերված հավասարումների համակարգը ընդունում է հետևյալ տեսքը.

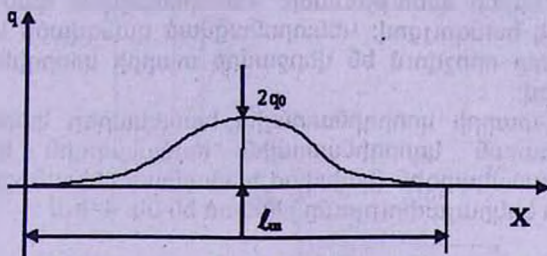
$$\left. \begin{aligned} M_1 z_1' + 2k_3 z_1' + 2c_3 z_1 + M_3 z_2'' - 2k_3 \zeta_1' - 2c_3 \zeta_1 &= 0 \\ M_2 z_2'' + 2k_4 z_2' + 2c_4 z_2 + M_3 z_1'' - 2k_4 \zeta_2' - 2c_4 \zeta_2 &= 0 \\ m_1 \zeta_1'' + 2(k_3 + k_1) \zeta_1' + 2(c_3 + c_1) \zeta_1 - 2k_3 z_1' - 2c_4 z_1 &= 2k_1 q_1' + 2c_1 q_1 \\ m_2 \zeta_2'' + 2(k_4 + k_2) \zeta_2' + 2(c_4 + c_2) \zeta_2 - 2k_2 z_2' - 2c_4 z_2 &= 2k_1 q_2' + 2c_2 q_2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Հաշվարկի ընթացքում ընդունվում է, որ ճանապարհային անհարթությունների միկրոպրոֆիլը բաղկացած է սինուսոիդալ անհարթություններից (ալիքներից): Այն հաճախ օգտագործվում է հաշվարկների և փորձարկումների ժամանակ: Իրականում ճանապարհի միկրոպրոֆիլը պատահական ֆունկցիա է: Անհարթությունը ներկայացվում է կոսինուսի ֆունկցիայի մի մասի տեսքով: Հաճախության կախումը $\Delta S U$ - ի շարժման արագությունից որոշվում է հայտնի բանաձևով,

$$q = q_0 [1 - \cos(2\pi x / l)], \quad (3)$$

որտեղ q_0 - Ե ալիքի ամպլիտուդն է, x - ը՛ այն կետի աբսցիսը, որի համար որոշվում է q - Ե, l_m - Ե ալիքի երկարությունը:

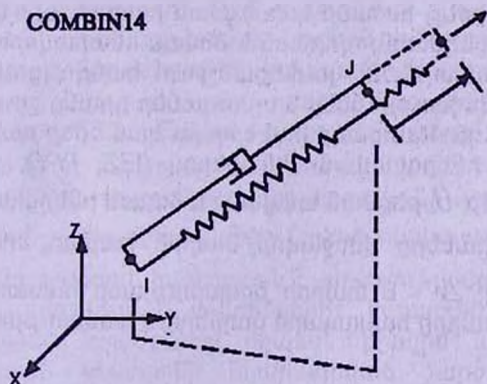
Անհարթության բաշխման գրաֆիկը բերված է Ուկ. 2 - ում:



Ուկ. 2 Ճանապարհային անհարթության միկրոպրոֆիլը

Որպես օբյեկտ քննարկվում է ՎԱԶ 2106 մարդատար ավտոմոբիլը: Դիտարկված օբյեկտում կրող թափքը փոխարինվում է համարժեք կոշտությամբ ծողային համակարգով, ինչը հնարավորություն է տալիս տատանման ընթացքում հաշվի առնել նաև թափքի դեֆորմացիան: Օգտագործվել է ANSYS 8.0 ծրագրային փաթեթը: Նշված ծրագրային փաթեթով մշակված տատանողական մոդելը կառուցվում է COMBIN14, MASS21 և BEAM3 գրադարանային անվանումով վերջավոր տարրերի միջոցով (4,5):

COMBIN14-ը կարելի է կիրառել միաչափ, երկչափ և եռաչափ խնդիրներում: Երկայնական առաձգական մարիչի համար նախատեսված պարամետրի համապատասխան ընտրությամբ կիրառվում է մեկ առանցքանի տարր, որը կրում է ձգման և սեղմման բեռնվածքներ: Այն յուրաքանչյուր հանգույցում ունի մինչև 3 ազատության աստիճան՝ x , y , և z առանցքներով: Մշակվող մոդելում առաձգական տարրի ծռման և ոլորման հատկություններն անտեսվում են: COMBIN14 տեսակի վերջավոր տարրի երկրաչափական պարամետրերը, հանգույցների դիրքը և կոորդինատային համակարգը պատկերված են Ուկ. 3-ում: Վերջավոր տարրը որոշվում է 2 հանգույցներով, առաձգականության K հաստատունով և մարման C գործակցով:



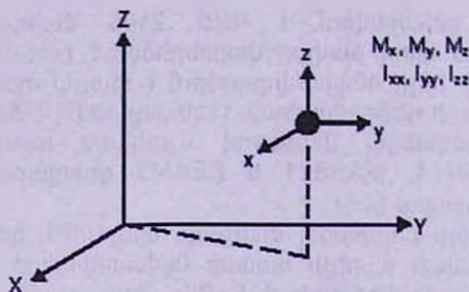
Ուկ. 3. COMBIN14 վերջավոր տարրի տեսքը

Ավտոմոբիլի զսպակավորված և չզսպակավորված զանգվածների մոդելավորման համար օգտագործվում է MASS 21 վերջավոր տարրը :

MASS21-ը նյութական կետ ներկայացնող վերջավոր տարր է: Կոորդինատային յուրաքանչյուր ուղղությամբ կարող են վերագրվել զանգվածների և իներցիայի մոմենտների տարբեր մեծություններ: Կենտրոնացված զանգվածով տարրը սահմանվում է միակ հանգույցով: Կենտրոնացված զանգվածի և իներցիայի մոմենտի բաղկացուցիչները որոշվում են վերջավոր տարրի կոորդինատային համակարգի ուղղություններով:

Վերջավոր տարրի կոորդինատային համակարգը կարող է զուգահեռ լինել գլոբալ դեկարտյան կոորդինատային համակարգին կամ կոորդինատների հանգուցային համակարգին (կախված համապատասխան պարամետրի արժեքից): Տարրի տեսքը և երկրաչափությունը բերված են նկ. 4-ում :

MASS21

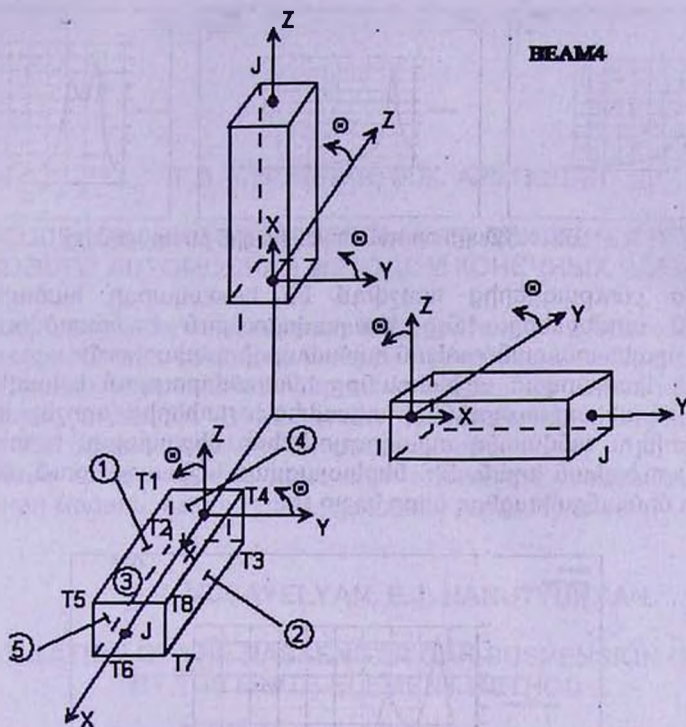


Նկ. 4. MASS21 վերջավոր տարրի տեսքը

M_x -ը, M_y -ը և M_z -ը տարրի կոորդինատային առանցքների ուղղություններով կենտրոնացված զանգվածի բաղադրիչներ են: I_{xx} -ը, I_{yy} -ը և I_{zz} -ը տարրի կոորդինատային համակարգի առանցքների շուրջը իներցիայի մոմենտներն են:

BEAM4 վերջավոր տարրն օգտագործվել է տատանողական մոդելի թափքի կոշտությամբ համարժեք հեծանի կառուցման համար (6) : Այն միառանցք տարր է, որն ունի ձգման ու սեղմման, ոլորման և ծռման հնարավորություններ: Տարրն ունի վեց ազատության աստիճան՝ յուրաքանչյուր հանգույցում՝ երեք առանցքների ուղղությամբ տեղափոխություններ և պտույտներ դրանց շուրջ: Տարրի տեսքը ցույց է տրված նկ. 5-ում: Այն մուտքագրվում է երկու կամ երեք հանգույցներով, հատույթի մակերեսով, երկու իներցիայի մոմենտներով (I_{ZZ} , I_{YY}), հաստություններով, x առանցքի նկատմամբ θ թեքման անկյամբ և ծռման իներցիայի մոմենտով (I_{XX}):

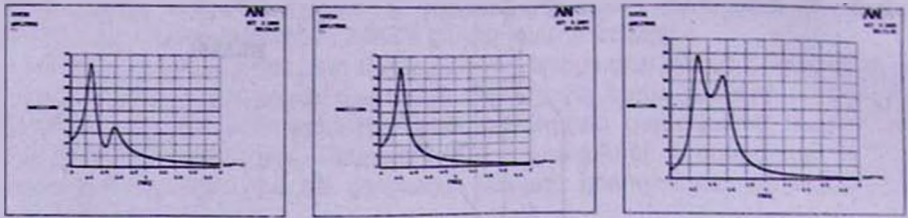
Ներքին դեֆորմացիաները վերջավոր տարրի համար մուտքագրվում են Δ/L մեծությամբ, որտեղ Δ - ն տարրի երկարությամբ հաստությունների տարբերություններն են, եթե տարրի հակադարձ ծայրերում հաստությունները տարբեր են [7]:



Նկ. 5. BEAM4 վերջավոր տարրի տեսքը

Բերված աշխատանքում որպես եզրային պայման առաջադրվում է ավտոմոբիլի անիվների տեղափոխության՝ վերը նկարագրված ճանապարհային անհարթությանը համապատասխան ֆունկցիան, ըստ որի ավտոմոբիլն անցնում է q բարձրություն ունեցող անհարթության վրայով: Մուտքագրվում են ժամանակի տվյալ պահին անիվների դիրքերը, որոնցից կախված, ստացվում է մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի ցանկացած կետի տատանման բնութագիրը:

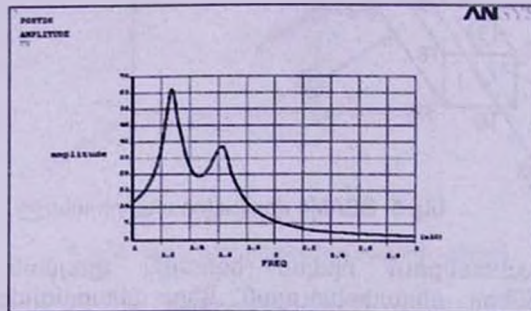
Նկ.6-ում բերված են ավտոմոբիլի երեք կետերի ամպլիտուդա - հաճախային բնութագրերն այն դեպքում, երբ ավտոմոբիլի բազան անհարթության երկարության պատիկն է: Նկ.7-ում պատկերված է այն դեպքը, երբ ավտոմոբիլի բազայի և անհարթության երկարության հարաբերությունը կամայական է: Վերը նշված (3) բանաձևում ընդունվում է, որ շարժումը հավասարաչափ է՝ $x = V \cdot t$: Ակնհայտ է, որ առջի և ետևի անիվների աբսցիսների տարբերությունը ավտոմոբիլի բազան է, հետևաբար $x_m = x_0 + L_p$: Օգտվելով վերը նշված հավասարումներից՝ առաջադրված պրոֆիլով ճանապարհով հաստատուն արագությամբ շարժվելիս ժամանակի տվյալ պահին որոշվում է ավտոմոբիլի յուրաքանչյուր անվի դիրքը: Մուտքագրելով ստացված արժեքները որպես եզրային պայման՝ որոշվել է ավտոմոբիլի ծանրության կենտրոնի նկարագրված շարժման ամպլիտուդա-հաճախային բնութագիրը:



Նկ. 6. Ամպլիտուդա - հաճախային բնութագրերը

Ստացված բնութագրերից որոշվում են համակարգի հաճախությունների ռեզոնանսային արժեքները, ինչը հնարավորություն է ստեղծվում կատարել ավտոմոբիլի՝ որպես տատանողական համակարգի, լավարկում:

Այսպիսով, կատարված աշխատանքը հնարավորություն է տալիս, կախված ճանապարհային անհարթությունների տեսակից և չափերից, որոշել տվյալ ճանապարհով շարժվելու անվտանգ արագությունների միջակայքը: Ի տարբերություն դասական վերլուծական եղանակի՝ ներկայացված աշխատանքում առջևի և ետևի կամրջակները միմյանց միացնող ծողը կոշտ չէ:



Նկ.7. Ծանրության կենտրոնի ամպլիտուդա - հաճախային բնութագիրը

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Роттенберг И.С. Подвеска автомобиля и ее колебания. -М.: Маш.лит., 1960. 355 с.
2. Лукин П., Гаспарянц Г., Родионов В. Конструирование и расчет автомобиля. - М.: Машиностроение, 1984. -376 с.
3. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. - М.: Машиностроение, 1989.- 240 с.
4. Մուսայելյան Գ.Վ. Վերջավոր տարրերի մեթոդների կիրառումը տրանսպորտային միջոցներում: Ուսումնական ձեռնարկ.- Երևան , ԳՊԵՂ, 2003. - 289 էջ:
5. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. -М.: Мир, 1975.- 541 с.
6. Кац А.М. Автомобильные кузова —М.: Транспорт, 1980.- 272 с.
7. Müller G. FEM für Praktiker.- Expert Verlag, 1997.- 859 s.

ԳՊԵՂ. Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 19.07.2008.

Г.В. МУСАЕЛЯН, Э.Ж. АРУТЮНЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОДВЕСКИ
ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Методом конечных элементов разработана колебательная модель легкового автомобиля, с помощью которой изучен его колебательный процесс. Приведена схема неровностей дороги и выведена амплитудно-частотная характеристика подвески. Исследован безопасный интервал скоростей автомобиля при данных параметрах неровностей дороги.

Ключевые слова: метод конечных элементов, подвеска автомобиля, колебательная модель, амплитудно-частотная характеристика.

G.V. MUSAYELYAN, E.J. HARUTYUNYAN

**INVESTIGATION OF THE PASSENGER CAR SUSPENSION OSCILLATION
BY THE FINITE-ELEMENT METHOD**

By the finite-element method the oscillation model of passenger car is developed and with its help the car oscillation process is investigated. The circuitry of the road irregularity is introduced and the gain-frequency characteristics of suspension is obtained. The safe velocities of car on the road with given irregularity is investigated.

Keywords: finite-element method, suspension of the passenger car, oscillation model, gain-frequency characteristic.