

O.A. GALSTYAN, T.H. HARUTYUNYAN

## CLASSIFICATION OF LOGISTIC EXPENSES OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Visible solutions for effective activities in industrial enterprises are considered, which, in this case, are due to the logistic approach of effective management and planning of material, financial and information flows, according to a full assessment and classification of the level of logistic costs.

**Keywords:** logistics, logistics costs, material flows, transportation costs, control costs, stock.

ՀՏԴ 629.113

### Գ.Ս. ԵՍԱՖՅԱՆ

#### ԱՎՏՈՄՈՒԲԻԼԻ ԿԱԽՈՑԻ ՀԵԾԱՆՎԱՅԻՆ ՄՈԴԵԼԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ MATLAB (SIMULINK) ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Ուսումնասիրվել է ավտոմոբիլի կախոցի շարժման դինամիկան, ինչն անհրաժեշտ է ուղևորների հարմարավետությունն ապահովելու համար: Մշակվել է ավտոմոբիլի կախոցի հեծանվային մաթեմատիկական մոդել՝ մարդատար ավտոմոբիլի կախոցի տատանումները MATLAB (SIMULINK) միջավայրում ուսումնասիրելու նպատակով:

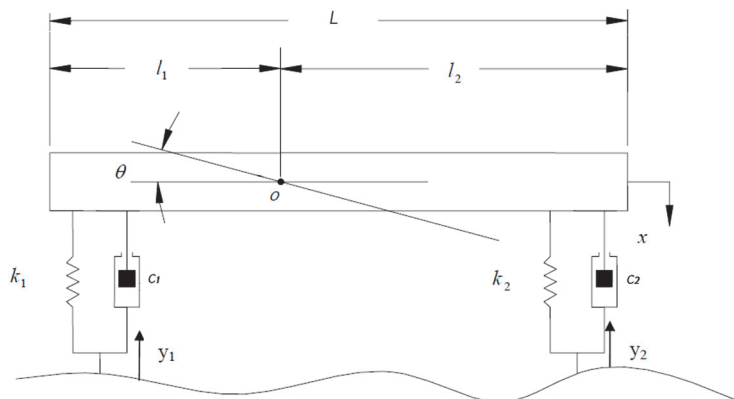
**Առանցքային բառեր.** ավտոմոբիլի կախոց, հեծանվային մոդել, տատանման գործընթաց, մաթեմատիկական մոդել, MATLAB:

**Ներածություն.** Ավտոմոբիլի շահագործման ընթացքում, ճանապարհային ծածկույթի խորդուբորդությունների պատճառով ուղևորահայաց հարթությունում առաջանում են տատանումներ, որոնք բացասական ազդեցություն են թողնում փոխադրվող ուղևորների կամ բեռների վրա: Ուղևորների շրջանում նկատվում է ավելորդ հոգնածություն, իսկ բեռները տեղաշարժվում կամ վնասվում են [1]: Այս տեսանկյունից շատ կարևոր է փոխադրումները կազմակերպել անհրաժեշտ հարմարավետություն ապահովող կախոցներով կահավորված ավտոմոբիլներով: Ժամանակակից ավտոմոբիլներում, որտեղ առկա է շահագործման բարձր արագություն, շատ կարևոր է կախոցների կառուցվածքային առանձնահատկությունների և կախոցների աշխատանքը բնութագրող պարամետրերի մեծությունների հիմնավորված առաջադրումը, որոնք ապահովում են նաև ավտոմոբիլի շարժման բարձր ընթացքի սահունությունը:

Ավտոմոբիլի կախոցի տատանումների ուսումնասիրությունը շատ կարևոր է ավտոմոբիլի ընթացքի սահունության գնահատման վերլուծության տեսանկյունից:

Ավտոմոբիլի կախոցի հեծանվային մոդելն օգտագործվում է վերը նշված նպատակի համար: Այն ներկայացվել է վիճակի հավասարումների տեսքով, իսկ ընթացքի սահունությունը գնահատվել է ուղղահայաց ուղղությամբ ավտոմոբիլի զսպակավորված զանգվածի տեղաշարժի, արագության և արագացման արժեքներով: Հետագոտվել են կախոցի չզսպակավորված և զսպակավորված զանգվածների ազդեցությունները՝ թափքի տատանման գործընթացի վրա:

Ավտոմոբիլի կախոցի տատանման գործընթացի հետագոտման նպատակով մշակվել է հաշվարկային մոդել (նկ.1): Հաշվարկային մոդելում ներկայացված են ավտոմոբիլի մի կողմի առջևի և հետևի անիվները, որոնք ունեն ուղղահայաց հարթությունում տեղաշարժման (համապատասխանաբար  $y_1$  և  $y_2$ ) հնարավորություն, ինչպես նաև ավտոմոբիլի թափքը (զանգվածը -  $m$ ), որը կարող է ճոճվել  $\theta$  անկյան տակ ( $O$  ծանրության կենտրոնով անցնող լայնական առանցքի շուրջ) [2]: Կախոցի առածգական տարրի և դողի կոշտությունները համապատասխանաբար նշանակված են՝  $k_1$ ,  $C_1$  և  $k_2$ ,  $C_2$ :  $x$  - ը ուղղահայաց ուղղությամբ ճանապարհի պրոֆիլի բարձրության փոփոխությունն է:  $L$  - ը ավտոմոբիլի բազան է, իսկ  $l_1$  - ը և  $l_2$  - ը՝ համապատասխանաբար առջևի և հետևի անիվների հեռավորությունները ծանրության կենտրոնից:



Նկ. 1. Ավտոմոբիլի կախոցի հեծանվային մոդելի սխեման

Ավտոմոբիլի կախոցի հեծանվային մոդելի (նկ.1) շարժման հավասարումները ներկայացված են ստորև՝

$$m\ddot{x} + (c_1 + c_2)\dot{x} + (l_2c_2 - l_1c_1)\dot{\theta} + (k_1 + k_2)x + (l_2k_2 - l_1k_1)\theta = k_1y_1 + k_2y_2 + c_1\dot{y}_1 + c_2\dot{y}_2$$

$$J\ddot{\theta} + (c_2l_2 - c_1l_1)\dot{x} + (l_2^2c_2 + l_1^2c_1)\dot{\theta} + (k_2l_2 - k_1l_1)x + (l_1^2k_1 + l_2^2k_2)\theta = k_2l_2y_2 - k_1l_1y_1 + c_2l_2\dot{y}_2 - c_1l_1\dot{y}_1$$

որտեղ  $J$  - ն բերված իներցիայի մոմենտն է:

Բերված հավասարումները MATLAB (SIMULINK) ծրագրային փաթեթի կիրառմամբ լուծելու նպատակով ենթարկվել են հետևյալ փոփոխությունների (ներկայացվում են մատրիցային տեսքով) [3].

$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}(t) \\ \ddot{\theta}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & l_2 c_2 - l_1 c_1 \\ l_2 c_2 - l_1 c_1 & l_2^2 c_2 + l_1^2 c_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{\theta}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & k_2 l_2 - k_1 l_1 \\ k_2 l_2 - k_1 l_1 & l_1^2 k_1 + l_2^2 k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ \theta(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \\ -k_1 l_1 & k_2 l_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \\ -c_1 l_1 & c_2 l_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \end{bmatrix} :$$

Ձևափոխությունների արդյունքում՝

$$\det \begin{bmatrix} ms^2 + (c_1 + c_2)s + k_1 + k_2 & (c_2 l_2 - c_1 l_1)s + k_2 l_2 - k_1 l_1 \\ (c_2 l_2 - c_1 l_1)s + k_2 l_2 - k_1 l_1 & Js^2 + (l_2^2 c_2 + l_1^2 c_1)s + l_2^2 k_2 + l_1^2 k_1 \end{bmatrix} = 0 :$$

Ավտոմոբիլի տատանումների տեսակները (ցատկոտում, քառատրոփում և ճոճում) տվյալ հաշվարկային մոդելում ներկայացված են ընդհանուր՝  $J$  – բերված իներցիայի մոմենտի տեսքով:

Հաշվարկում տեղադրված արժեքների նախնական մեծությունները հետևյալն են՝

$$m = 1700 \text{ կգ} , J = 2300 \text{ կգ.մ}^2 , k_1 = k_2 = 30000 \text{ Ն/մ} , C_1 = C_2 = 3000 \text{ Ն.վ/մ} ,$$

$$l_1 = 1 \text{ մ} \text{ և } l_2 = 1.5 \text{ մ}$$

Ենթադրվում է, որ ավտոմոբիլը շարժվում է  $V = 50 \text{ կմ/ժ}$  արագությամբ, իսկ ճանապարհի պրոֆիլը փոփոխվում է երկայնական հատույթում որպես սինուսոիդ՝  $10 \text{ մմ}$  հաճախությամբ և  $\lambda = 5 \text{ մ}$  ավիքի երկարությամբ:

MATLAB – ում տեղադրվող կոդը՝ համապատասխան արժեքներով.

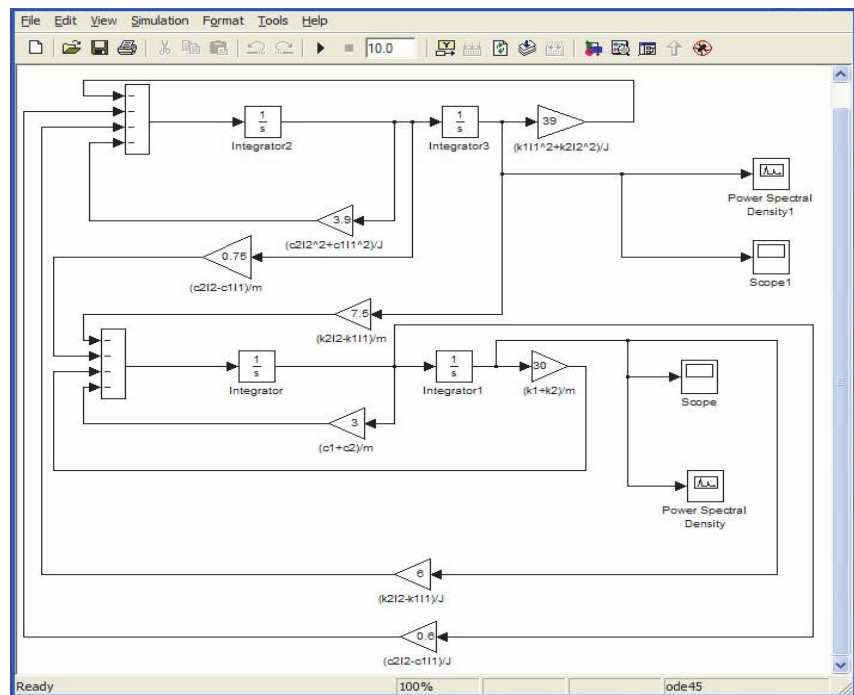
```
>> m = 1700; J = 2300; k1 = 30000; k2=30000; c1= 3000; c2=3000;
>> l1=1; l2=1.5;
>> a = [m c1+c2 k1+k2];
>> b = [J c2*l2^2+c1*l1^2 k2*l2^2+k1*l1^2];
>> C = conv(a,b)
C =
1.0e+009 *
0.0050 0.0345 0.4035 1.1700 5.8500
>>d = [c2*l2-c1*l1 k2*l2-k1*l1];
>> e = conv(d,d)
```

```

e =
2250000 45000000 225000000
>> f= 1.0e+009*[0.005 0.0345 0.4035 1.1700 5.8500] - [0. 0. 2250000
45000000 225000000]
f =
1.0e+009 *
0.0050 0.0345 0.4013 1.1250 5.6250
>> r = roots(f)
r =
-2.1289 + 6.1681i
-2.1289 - 6.1681i
-1.3211 + 4.9676i
-1.3211 - 4.9676i

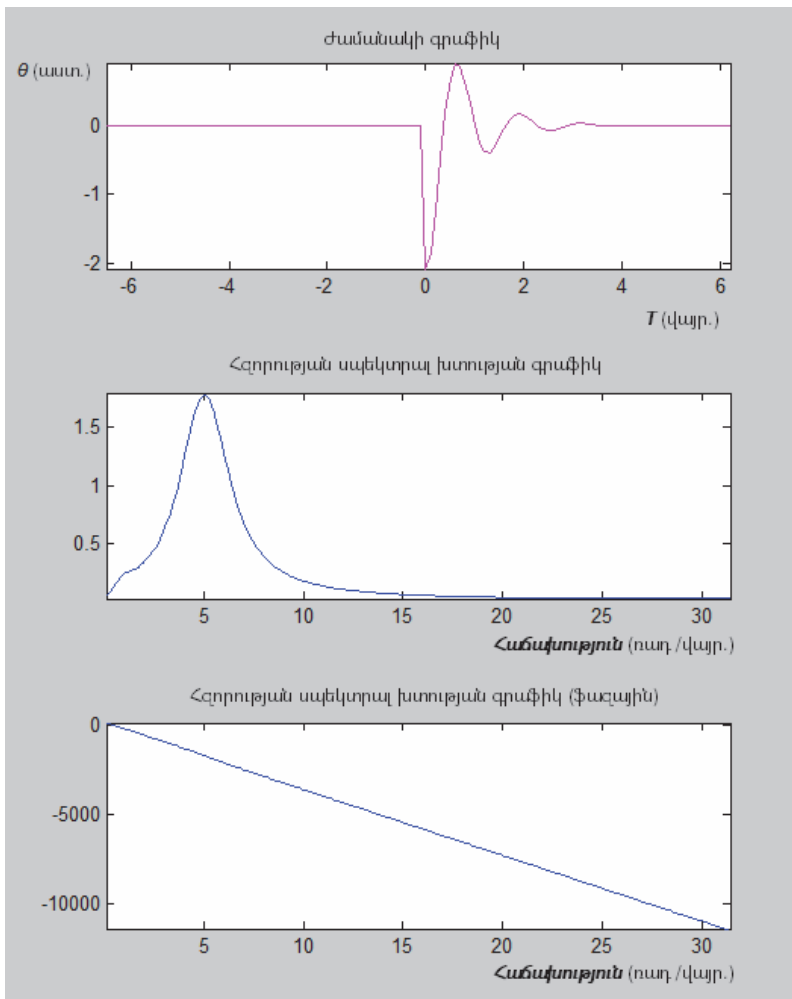
```

SIMULINK – ում խնդրի լուծման համապատասխան սխեման (նկ. 2):



Նկ. 2. Համակարգի՝ SIMULINK միջավայրում լուծման սխեման

Համակարգի լուծման արդյունքում ստանում ենք հետևյալ գրաֆիկները (նկ. 3):



Նկ. 3. SIMULINK միջավայրում լուծման արդյունքները

MATLAB (SIMULINK) միջավայրում հավասարումների համակարգի լուծման արդյունքում ստացված գրաֆիկները հնարավորություն են տալիս գնահատել առաջադրված խորոդուբորդություններով ճանապարհի վրա ավտոմոբիլի առավելագույն անվտանգ արագությունը, ինչպես նաև թափքի տատանումների ուժգնությունը: Նկ. 3 - ում պատկերված են համապատասխանաբար՝ *ժամանակի, տատանումների հզորության սպեկտրալ խտության և վերջինիս ֆազային գրաֆիկները*, որոնք ստացվել են առաջադրված խորոդուբորդությունների վրայով ավտոմոբիլի  $V = 50$  կմ/ժ արագությամբ շարժման դեպքում, որոշվել է տատանման այն սահմանային հաճախությունը, որի դեպքում առաջադրված ճանապարհային պայմաններում ավտոմոբիլը կարող է անվտանգ շարժվել: 20 ռադ/ վրկ. - ից

բարձր հաճախության դեպքում ավտոմոբիլի անիվը կարող է պոկվել գետնից (կարող է խախտվել կցման պայմանը), ինչը վտանգավոր հետևանքներ կարող է ունենալ արտաճանապարհային պայմաններում շահագործվող ավտոմոբիլի համար:

Վերոնշյալ գործոնների գնահատման համար համանման ձևով կարելի է իրականացնել նաև հաշվարկներ՝ կոնկրետ ավտոմոբիլների համար տարբեր շահագործական պայմաններում:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Ротенберг Р.В.** Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
2. **Մուսաբեյլան Գ.Վ.** Ավտոմոբիլի շահագործական հատկանիշներ: Դասագիրք / ՀԱՊՀ. – Եր.: Ճարտարագետ, 2018. – 400 էջ:
3. **Конюшенко В.** Начало работы с MATLAB: Руководство / МГУ. – М., 2010. – 73 с.

#### Գ.Տ. ԵՏԱԲՅԱՆ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛОСИПЕДНОЙ МОДЕЛИ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB (SIMULINK)

Исследована динамика движения подвески автомобиля для обеспечения комфорта пассажиров. Разработана велосипедная математическая модель подвески автомобиля с целью изучения колебаний подвески пассажирского автомобиля в среде MATLAB (SIMULINK).

**Ключевые слова:** подвеска автомобиля, велосипедная модель, процесс колебания, математическая модель, MATLAB.

#### G.S. YESAFYAN

#### RESEARCH OF A BICYCLE SUSPENSION MODEL OF A CAR IN THE MATLAB (SIMULINK) SOFTWARE ENVIRONMENT

The dynamics of the car suspension movement necessary to ensure the comfort of passengers is studied. A bicycle mathematical model of a car suspension is developed in order to study the suspension vibrations of a passenger car in the MATLAB (SIMULINK) environment.

**Keywords:** car suspension, bicycle model, vibration process, mathematical model, MATLAB.