

Ա.Կ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Ա.Օ. ԲԱԽՇՅԱՆ, Ա.Ա. ԹԱՄՐԱԶՈՎ

**ԱՎՏՈՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ՄԻՋՈՑՆԵՐԻ  
ՍԿԱՎԱՌԱԿԱԿՈՃՂԱԿԱՎՈՐ ԱՐԳԵԼԱԿՆԵՐԻ  
ԹՐԹՈՒԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԸ**

Կատարված է ավտոտրանսպորտային միջոցների արգելակային սարքի թրթռակայնության հաշվարկ: Դիտարկված է արգելակային շփագույգի տատանողական պրոցեսը՝ շփամակերևութի ալիքայնության պարամետրերից կախված: Բացահայտված է մակերևութային ալիքայնության ազդեցությունը շփատատանումների առաջացման վրա: Հաշվարկային մեթոդիկան կիրառված է առավել տարածված՝ սկավառակակոճղակավոր արգելակների վրա:

***Առանցքային բառեր.*** սկավառակակոճղակավոր արգելակ, թրթռակայնություն, շփագույգ, շփատատանումներ, մակերևութային ալիքայնություն:

Ավտոտրանսպորտային միջոցների շահագործման հուսալիությունն ու անվտանգությունն ապահովող առավել պատասխանատու սարքերից են արգելակային հանգույցները, որոնց նշանակությունն առավել աճում է տեղափոխման արագության, բեռնատարողության և արգելակումների հաճախության աճի հետ: Արգելակային սարքերի հուսալիության և երկարակեցության բարձրացման հիմքում ընկած է թրթռակայնության ապահովումը:

Մի շարք էական առավելությունների (արգելակային մոմենտի համեմատաբար մեծ արժեքներ, ջերմահեռացման բավարար պայմաններ, փոքր գաբարիտային չափեր և այլն) շնորհիվ ներկայումս լայն տարածում են գտել և առավել հեռանկարային են համարվում սկավառակակոճղակավոր արգելակային սարքերը: Հայտնի է, որ արգելակման ընթացքում սկավառակակոճղակավոր արգելակի սկավառակի և կոճղակի փոխազդեցության հետևանքով վերջինս կատարում է փոքր առաձգական տեղափոխություններ: Արգելակման պահին առաջացող ռելաքսացիոն տատանումները («stic-slip») խոչընդոտում են արգելակային սարքի հուսալի աշխատանքին: Դա արտահայտվում է ցնցումների տեսքով, հատկապես արգելակման վերջնական պահին, երբ շարժման արագությունը փոքր է: Արգելակներում առաջացող շփատատանումների հաճախությունը կարող է հասնել 8000 Հց-ի, ինչը նաև շրջակա երեք առաքվող աղմուկի («ծվոց») պատճառն է:

Արգելակային շփագույգի թրթռակայնությունը բնութագրող բազմաթիվ գործոնների (արագություն, ջերմաստիճան, ճնշում և այլն) թվին են պատկանում նաև սկավառակի մակերևութային միկրոերկրաչափական պարամետրերը: Թրթռատատանումների առաջացման վրա մեծ ազդեցություն ունի շփման մակերևութի ալիքայնությունը, և այդ ազդեցությունը միանշանակ չէ:

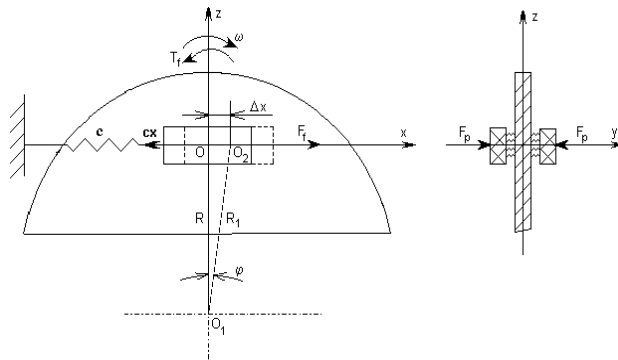
Սկավառակակոճղակավոր արգելակի թրթռակայնության հաշվարկման համար առաջարկվող մեթոդիկան իրականացված է նկ.1-ում պատկերված մոդելի հիման վրա, որն առավել ճշգրտությամբ է արտացոլում արգելակային կոճղակի

տատանողական պրոցեսը՝ հաշվի առնելով նաև սկավառակի անհավասարաչափ պտույտը [1]:

Կոճղակի շփման մակերևույթին տարված շոշափողի ուղղությամբ տատանողական պրոցեսը նկարագրվում է հետևյալ դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգով՝

$$\begin{cases} I\ddot{\varphi} = -T_f, \\ m\ddot{x} = -cx + F_f, \end{cases} \quad (1)$$

որտեղ  $T_f$ -ը և  $F_f$ -ն արգելակման մոմենտը և շփման ուժն են շփահպակում,  $cx$ -ն՝ իրանի հետ կոճղակի առաձգական կապի ուժը,  $\ddot{x}$  -ը և  $\ddot{\varphi}$  -ը՝ կոճղակի և արգելակային սկավառակի անկյունային արագացումները:



Նկ.1. Սկավառակ-կոճղակավոր արգելակի տատանողական պրոցեսի հաշվարկային մոդելը

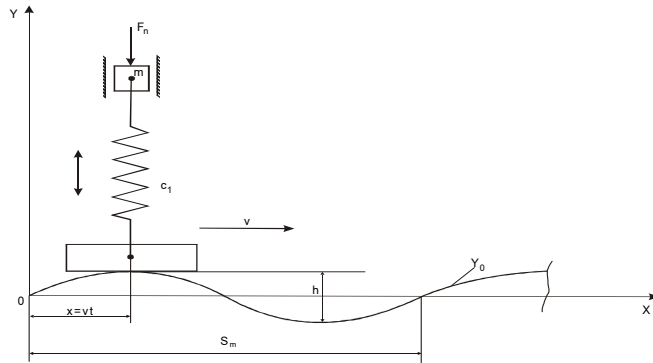
Ընդունելով, որ սկավառակի մակերևույթի ալիքայնությունն ունի սինուսոիդին մոտ տեսք (նկ.2), մակերևույթի պրոֆիլը կարելի է ներկայացնել հետևյալ արտահայտությամբ [2].

$$Y_0 = \frac{h}{2} \sin \frac{\pi vt}{S_m}, \quad (2)$$

որտեղ  $h$ -ն ալիքի բարձրությունն է,  $S_m$ -ն՝ ալիքի քայլը,  $V$ -ն՝ սահքի հարաբերական արագությունը: Սկավառակի կողմից կոճղակի վրա ազդող ուժը՝

$$P = \frac{c_1 h}{2} \sin \frac{\pi vt}{S_m}, \quad (3)$$

որտեղ  $c_1$ -ը կոճղակի կոշտությունն է ուղղահայաց ուղղությամբ:



Նկ.2. Կոճղակի շփման հարթությանն ուղղահայաց տատանումների հաշվարկային սխեման

Կոճղակի շփամակերևույթին ուղղահայաց ուղղությամբ հարաբերական շարժման հավասարումը կունենա հետևյալ տեսքը [2].

$$m\ddot{y} = -c_1 y + \frac{h}{2} \sin\left(\frac{\pi v t}{S_m}\right) - F_n, \quad (4)$$

որտեղ  $F_n$  - ը կոճղակին սեղմող ուժն է:

Դիֆերենցիալ հավասարումների (1) համակարգում շփման գործակցի ֆունկցիոնալ կախումն արագությունից ընդունված է [1] փորձնական տվյալների հիման վրա ստացված հետևյալ պոլինոմի տեսքով.

$$f = b_0 + b_1 v + b_2 v^2 + b_3 v^3 : \quad (5)$$

Հաշվի առնելով, որ հպման գոտում շփման իրական գծային արագությունը կարելի է ներկայացնել որպես սկավառակի և կոճղակի գծային արագությունների տարբերություն՝  $V = R\dot{\phi} - \dot{x}$ , (5) հավասարումը կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$f = b_0 + b_1 (|R\dot{\phi} - \dot{x}|) + b_2 (|R\dot{\phi} - \dot{x}|)^2 + b_3 (|R\dot{\phi} - \dot{x}|)^3, \quad (6)$$

որտեղ  $R$  -ը արգելակային սկավառակի և կոճղակի շփման գոտու միջին շառավիղն է,  $(R\dot{\phi} - \dot{x})$  -ը՝ հարաբերական սահքի արագությունը, որի համար առանձին պահերին հնարավոր է ինչպես  $R\dot{\phi} \geq \dot{x}$ , այնպես էլ  $R\dot{\phi} < \dot{x}$  հարաբերակցությունը: Վերջին դեպքում շփման ուժը փոխում է իր ուղղությունը, այդ պատճառով (1) դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգում նպատակահարմար է մտցնել նշանները որոշող  $\text{sign}(R\dot{\phi} - \dot{x})$  ֆունկցիա:

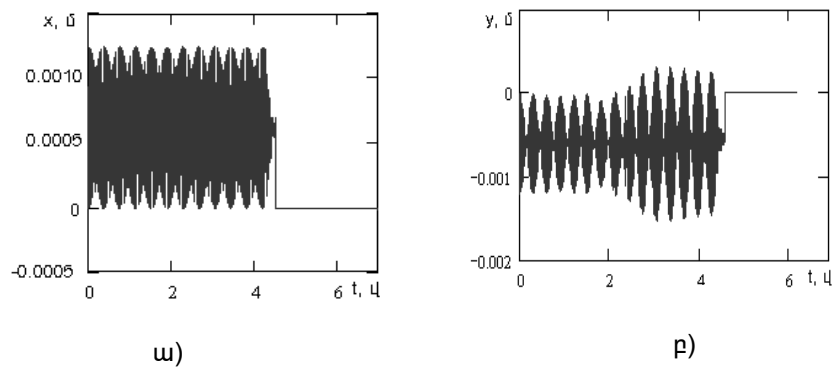
Արգելակային կոճղակի տատանողական պրոցեսի վրա սկավառակի մակերևույթային ալիքայնության ազդեցությունը հաշվի առնելու նպատակով (4) հավասարումը համադրվում է սկավառակակոճղակավոր արգելակի տատանողական պրոցեսը նկարագրող մոդելի հավասարումների (1) համակարգի հետ: Հաշվի առնելով շփման ուժի  $F_f = F_n f$  արժեքը և  $f = \Psi(v)$  ֆունկցիոնալ

կախման ընդհատուն բնույթը՝ հավասարումների համակարգն ի վերջո ընդունում է հետևյալ տեսքը.

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{\phi} = -R \frac{F_n}{I} f \cdot \text{sign}(R\dot{\phi} - \dot{x}) \\ \ddot{x} = -\frac{c}{m} x + \frac{F_n}{m} f \cdot \text{sign}(R\dot{\phi} - \dot{x}) \\ \ddot{y} = -\frac{c_1}{m} y + \frac{h}{2m} c_1 \sin\left(\frac{\pi(R\dot{\phi} - \dot{x})t}{S_m}\right) - \frac{F_n}{m} : \end{array} \right. \quad (7)$$

Դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի լուծման համար կազմված է պլոտրիթմ՝ MathCAD 2001 Pro հատուկ ծրագրային ապահովման փաթեթի միջոցով: Կատարված է ՎԱԶ մակնիշի ավտոմոբիլի սկավառակակոճղակավոր արգելակի թրթռակայունության հաշվարկ ասբեստազերծ Բաստենիտ տիպի շփանյութի [3] համար, որի արդյունքները գրաֆիկական տեսքով պատկերված են նկ.3-ում:

Արգելակման սկզբնական պահին (նկ.3 ա) գրանցվում է տատանման մեծ ամպլիտուդ, իսկ կոճղակի տատանումները կրում են ցածրահաճախային բնույթ: Երբ սկավառակի գծային արագության արժեքը մոտենում է կոճղակի տատանման արագության արժեքին, գումարվում է տատանումների համեմատաբար բարձրահաճախային բաղադրիչը: Արգելակման վերջնական պահին, երբ սկավառակի արագությունը համեմատաբար փոքր է, կոճղակի բարձրահաճախային տատանումները պահպանվում են, սակայն կտրուկ նվազում է ամպլիտուդը: Գրաֆիկների օգնությամբ կարելի է հաշվարկել կոճղակների տատանման ամպլիտուդային և հաճախային արժեքները, որոնք կարևոր նշանակություն ունեն շփագույգի թրթռակայունության համար:



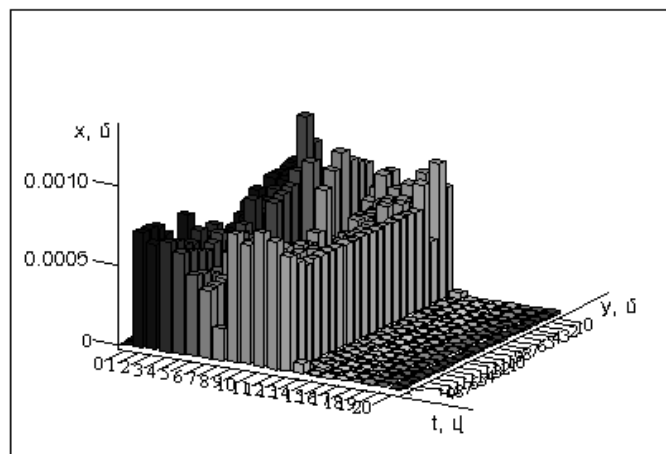
Նկ.3. Շփամակերևույթին շոշափող (ա) և նորմալ (բ) ուղղություններով կոճղակի թրթռատեղաշարժերի կախումները արգելակման ժամանակից

Արգելակային սկավառակի շփամակերևույթի նորմալի ուղղությամբ թրթռատեղաշարժերի կախումը ժամանակից պատկերված է նկ.3 բ-ում:

Արգելակման սկզբնական պահին թրթռատեղաշարժերի համեմատաբար փոքր ամպլիտուդը պայմանավորված է արգելակման սկզբնական արագության մեծ արժեքով: Իսկ արգելակման վերջնական պահին, երբ նվազում է արագությունը, զգալի է դառնում սկավառակի մակերևութային պրոֆիլի անհարթությունների (ալիքայնության) ազդեցությունը, ինչը նպաստում է տատանման ամպլիտուդի աճին:

Կոճղակի թրթռատեղաշարժի մեծությունը կարող է հասնել մինչև 1,5 մմ: Նման տեղաշարժերի պայմաններում առաջանում է հարվածային երևույթ, որը շրջակա եթեր հեռարձակվող անցանկալի աղմուկի (“ծվոց”) ճառագայթման աղբյուր է: Բացի դրանից, հարվածները բացասական ազդեցություն են թողնում կոճղակի մաշակայունության, շփման գործակցի կայունության, ինչպես նաև ամբողջ արգելակային սարքի հուսալի աշխատանքի և, ի վերջո, ավտոտրանսպորտային միջոցի սահուն կանգառի վրա:

Արգելակային սարքի տատանողական պրոցեսն ամբողջությամբ գնահատելու նպատակով կարևոր է դիտարկել շփամակերևույթի նորմալ և շոշափող ուղղություններով տատանումների փոխադարձ կապը: Նշված տատանումների փոխազդեցության գաղափարի տեսակետից մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում նկ.4-ում պատկերված գրաֆիկը, որն արտացոլում է նորմալ և շոշափող տատանումների փոխազդեցությունը: Տվյալ դիագրամի օգնությամբ կարելի է գնահատել արգելակման պրոցեսի առավել անբարենպաստ ընթացքները, երբ կոճղակի նորմալ և շոշափող թրթռատեղաշարժերը ձգտում են իրենց առավելագույն արժեքներին: Արգելակման սկզբնական պահին նորմալի ուղղությամբ կոճղակի թրթռատեղաշարժերի համեմատաբար փոքր արժեքին համապատասխանում են  $x$  ուղղությամբ փոքր տեղաշարժեր: Կանգառին նախորդող պահին, նորմալի ուղղությամբ տատանումների ամպլիտուդի աճի հետ



մեծանում է նաև շոշափողի ուղղությամբ թրթռատեղաշարժերի տատանման ամպլիտուդը:

Նկ.4. Արգելակային կոճղակի նորմալ և շոշափող ուղղություններով թրթռատեղաշարժերի փոխկապված կախումը ժամանակից

Հաշվարկային մեթոդիկայի արդյունքներից ակնհայտ է, որ արգելակային սկավառակի մակերևույթի ալիքայնության շնորհիվ առաջացող նորմալի ուղղությամբ տատանումներն իրենց ազդեցությունն են թողնում շոշափողի ուղղությամբ տատանումների վրա՝ կանգառին նախորդող պահին մեծացնելով դրանց ամպլիտուդը: Բացի դրանից, շփահարթությանն ուղղահայաց ուղղությամբ տատանումներն իրենց հերթին ցնցումների և շրջակա միջավայր ճառագայթվող աղմուկի պատճառ են հանդիսանում: Հաշվարկային մեթոդիկայի միջոցով կարելի է նոր մշակվող նյութերի համար որոշ պարամետրերի (միկրոերկրաչափական, կոճղակի ուղղահայաց ուղղությամբ կոշտության) տարակերպման միջոցով ուսումնասիրել տատանողական տարրապատկերի դինամիկան արգելակման ողջ պրոցեսի ընթացքում:

#### **ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ**

1. **Погосян А.К., Макарян В.К., Гагян Г.С.** Расчет виброустойчивости фрикционных пар дисково-колодочных тормозных устройств машин // Трение и износ.- 1992.- Т.12, N2.- С. 225-231.
2. **Пановко Я.Г.** Введение в теорию механических колебаний. -М.: Наука, 1991.- 255 с.
3. **Погосян А.К., Меликсетян Н.Г., Ламбарян Н.А.** Исследование работоспособности фрикционных материалов тормозных устройств // Трение и износ.- 1987.- Т.8, N5.- С. 785-791.

ՀՊՃՀ : Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 27.06.2002:

**А.К. ПОГОСЯН, А.О. БАХШЯН, А.А. ТАМРАЗОВ**

#### **РАСЧЕТ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ ДИСКОВО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Проведен расчет виброустойчивости тормозных устройств автотранспортных средств. Рассмотрен колебательный процесс фрикционной пары в зависимости от параметров волнистости поверхности трения. Показано влияние волнистости поверхности на возникновение фрикционных колебаний. Расчетная методика применяется на примере наиболее распространенных дисково-колодочных тормозов.

**A.K. POGOSIAN, A.O. BAKHSHYAN, A.A. TAMRAZOV**

#### **VIBROSTABILITY CALCULATION OF DISK-PAD BRAKE VEHICLES**

Vehicle brake vibrostability calculation is carried out. The oscillatory friction couple process due to the wavy surface parameters is considered. The wavy surface influence on friction vibrations rise is shown. The calculation method is applied for the example of the wide spread disc-pad brake.