ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՑԻԱՆԵՐ, ՇԵՆՔԵՐ, ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐ

ՀՏԴ 62-272.4

Ռ.Պ. ԲԱՐՍԱՄՅԱՆ, Յ.Վ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

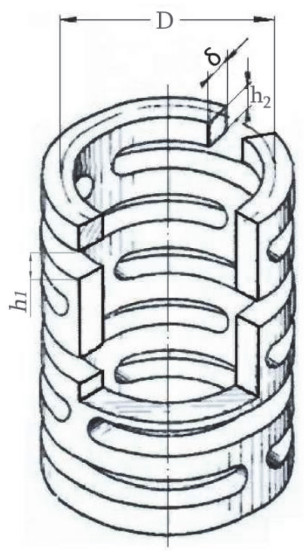
ՀԱՐԹ ԱԿՈՍԱՎՈՐ ԶՍՊԱՆԱԿՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ ԴԻՆԱՄԻԿ ԲԵՌՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

(Վանաձոր)

Հարթ ակոսավոր զսպանակների հարաճուն պահանջը հաստոցաշինության, ռոբոտաշինության, ատոմային էներգետիկայի և այլ բնագավառներում անհրաժեշտություն է առաջացնում՝ ստեղծելու կոնստրուկտիվ հաշվարկման մեթոդիկա: Այդ նպատակով համակողմանիորեն ուսումնասիրվել են զսպանակի դինամիկական հատկությունները՝ սեփական տատանման հաճախականությունը, բեռների դինամիկական գործակիցները: Դիտարկվել են տարբեր տեսակի դինամիկ բեռների ազդեցությունը և համապատասխան դինամիկական գործակիցների հաշվարկման ձևերը:

Առանցքային բառեր. հարթ ակոսավոր զսպանակ, սեփական տատանման հաճախականություն, դինամիկական գործակից, դարավոր հավասարում, հաշվարկային սխեմա:

Ներածություն. Ակոսավոր զսպանակները, հանդիսանալով երկրորդ համաշխարհային պատերազմի ժամանակաշրջանի տեխնիկական պահանջների ծնունդ, այսօր լայն կիրառություն ունեն մեքենաշինության տարբեր ճյուղերում, ինչպես նաև տնտեսության ռազմաարդյունաբերության ոլորտում: Ժամանակակից պահանջարկն ու հետագա կոնստրուկտորական նորարական նախագծերում կատարելագործման հնարավորությունը ակոսավոր զսպանակների հաշվարկային մեթոդիկայի զարգացումը դարձնում է արդիական [1]:



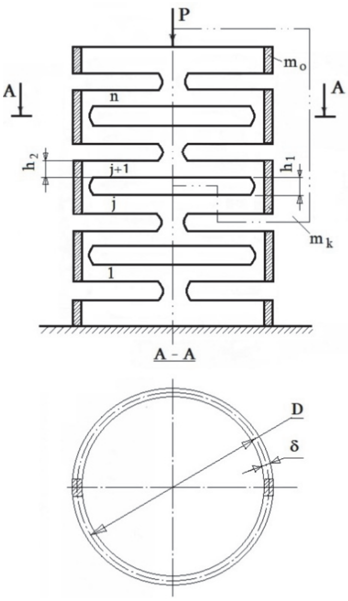
Նկ. 1. Հարթ ակոսավոր զսպանակ

Հարթ ակոսավոր զսպանակները (նկ.1) օգտագործվում են կոնստրուկցիաներում, որտեղ պահանջվում են մեծ կոշտություն և կրողունակություն՝ համեմատաբար փոքր տրամագծային չափերի դեպքում: Դրանք լայն կիրառություն ունեն հատկապես արագընթաց շառավղահենարանային առանցքակալներով ճշգրիտ հանգույցներում՝ նախնական սեղմվածություն ապահովելու համար: Ռեդուկտորների, վարիատորների և այլ մեխանիզմների գործարկման, դարձափոխման ժամանակ դինամիկ բեռներից լիսեռների ոլորման հետևանքով առաջացող հակազդող մոմենտները այնքան փոքր են, որքան մեծ է լիսեռների առաձգական ընկրկելիությունը: Լիսեռին միաձույլ ավելացնելով պահանջվող կոշտությամբ և կրողունակությամբ հարթ ակոսավոր զսպանակ՝ անհրաժեշտ չափով կարելի է փոխել լիսեռի առաձգական ընկրկելիությունը:

Կառույցների և մեքենաների վրա ուժային ազդեցությունները մեծ մասամբ ունեն դինամիկ բնույթ, որոնց դեպքում չնայած տեղափոխությունները սովորաբար փոքր են, բայց արագությունները և գլխավորը՝ արագացումները կարող են հասնել կոնստրուկցիայի, ինչպես նաև ամբողջ կառույցի համար վտանգավոր աստիճանի:

Համեմատաբար թեթև կառույցների հիմքերի դինամիկ հատկությունները հակասեյսմիկ նպատակով փոխելու համար որպես առաձգական-ընկրկելի տարրեր կարելի է օգտագործել հակակոռոզիոն նյութերով պատված հարթ ակոսավոր զսպանակներ: Նրանց գումարային կոշտությունը և կրողունակությունը մեծացնելու համար կարելի է օգտագործել տարբեր տրամաչափերի համառանցք երկու և ավելի զսպանակներ:

Ստատիկ բեռներից հարթ ակոսավոր զսպանակների լարվածադեֆորմացիոն վիճակի վերլուծական հետազոտությունները ամբողջապես չեն նկարագրում զսպանակի աշխատանքը տարբեր ազդեցությունների դեպքում: Հետազոտման նպատակն է լայնացնել հարթ ակոսավոր զսպանակի հաշվարկային վերլուծական ծավալը՝ նպատակ ունենալով բացահայտելու նրա վարքագիծը դինամիկ բեռների դեպքում:



Նկ. 2. Հաշվարկային սխեման դինամիկ բեռների դեպքում

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Դինամիկ բեռների օբյեկտիվ չափանիշներն են զսպանակի սեփական տատանման պարբերությունը և ըստ բեռների ազդեցության բնույթի՝ դինամիկական գործակիցները [2]:

Այս մեծությունների հաշվարկում կարևոր է ոչ միայն հաշվարկային մեթոդիկան, այլ նաև հաշվարկային սխեմայի տրամաբանական ընտրությունը: Հարթ ակոսավոր զսպանակների ճակատային մասերը առանցքային բեռների դեպքում տեղափոխվում են խիստ համընթաց, որը ճշգրիտ սարքերի համար շատ կարևոր է [3]: Զսպանակը ներկայացնում է հարթ օղակներից և խաչաձև շեղ-ված համաչափ միջնապատերից կազմված կոնստրուկցիա (նկ.2):

Կատարենք զսպանակի ազատ տատանումների հետազոտություն: Ազատ տատանման հաճախականությունը կախված է զսպանակի առաձգական հատ-կություններից և օղակների զանգվածներից [4]:

Զսպանակի դինամիկ հաշվարկային սխեման (մոդելը) ներկայացնում է $n = 2q$ ազատության աստիճան ունեցող համակարգ, որտեղ q –ն օղակների թիվն է [5]:

Ազատ տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգն ունի հետևյալ տեսքը՝

$$m_1\delta_{k1}\ddot{y}_1(t) + m_2\delta_{k2}\ddot{y}_2(t)+\ldots+m_n\delta_{kn}\ddot{y}_n(t) + +y_k(t) = 0, \quad (1)$$

$$k = 1,2,\ldots,2n,$$

որտեղ $y_k(t)$-ն k-րդ զանգվածի տեղափոխությունն է, δ_{kn}-ը՝ k-րդ զանգվածի տեղափոխությունը՝ n-րդ զանգվածի վրա տեղափոխության ուղղությամբ կիրառ-ված միավորական ուժի ազդեցությամբ:

Յուրաքանչյուր զանգված որոշվում է համապատասխան օղակի ¼ մասի և նրանից վերև դասավորված օղակների զանգվածների կեսի գումարով.

$$m_k = \frac{1}{2}\left[m_0 + (n-j)m + \frac{m}{2}\right], \quad (2)$$

որտեղ m-ը մեկ օղակի զանգվածն է, m_0-ն՝ գլխամասային օղակի զանգվածը:

Ազատ տատանումների հաճախականությունների կամ դարավոր հավա-սարումը ունի հետևյալ տեսքը՝

$$D = \begin{vmatrix} (m_1\delta_{11}\omega_i^2 - 1)\, m_2\delta_{12}\omega_i^2 \ldots m_n\delta_{1n}\omega_i^2 \\ m_1\delta_{21}\omega_i^2\, (m_2\delta_{22}\omega_i^2 - 1)\ldots m_n\delta_{2n}\omega_i^2 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ m_1\delta_{n1}\omega_i^2\, m_2\delta_{n2}\omega_i^2\ldots(m_n\delta_{nn}\omega_i^2 - 1) \end{vmatrix} = 0: \quad (3)$$

Հետազոտության արդյունքները. Բացելով որոշիչը՝ կստանանք ω_i^2-ու նկատմամբ n-րդ աստիճանի հավասարում: Լուծելով հավասարումը՝ կստանանք ազատ տատանումների n սեփական հաճախականություններ: Սովորաբար $n >$ 4-ի դեպքում հավասարման լուծումը զգալի դժվարություններ է ներկայացնում, և կիրառվում են զանազան մեթոդներ:

Օգտվելով զսպանակի համաչափությունից՝ կարելի է կիրառել խմբակա-յին զույգ տեղափոխությունների մեթոդը: Այս դեպքում դինամիկ տեղափոխութ-յունների կանոնական հավասարումների համակարգը բաժանվում է երկու անկախ խբերի՝ համաչափ և հակահամաչափ, որոնց կարգը՝ $q = \frac{n}{2}$: Ըստ աճման կարգի դասավորված հաճախականությունների շարքը ներկայացնում է սպեկտր:

Կիրառական հաշվարկներում օգտագործվում է ամենափոքր (հիմնական) հաճախականությունը, որը ստացվում է համաչափ տատանման հավասարումներից: Համաչափ տատանման ձևի դեպքում δ_{ki}միավորական տեղափոխությունը որոշվում է շինարարական մեխանիկայի հայտնի կանոններով: Միավորական զույգ ուժերից տեղափոխությունը հավասար է երկու միավոր առանցքային ուժից տեղափոխությանը:

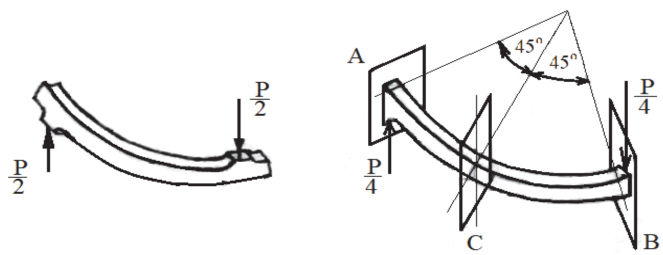
Զանգվածների տեղափոխությունները հաշվարկվում են հետևյալ կանոնական հավասարումներից՝

$$m_1\delta_{k1}\omega_i^2 y_{1i} + \cdots (m_k\delta_{kk}\omega_i^2 - 1)y_{ki} + \ldots + m_n\delta_{kn}\omega_i^2 y_{kn} = 0, \qquad (4)$$

$$i, k = 1,2,\ldots,n:$$

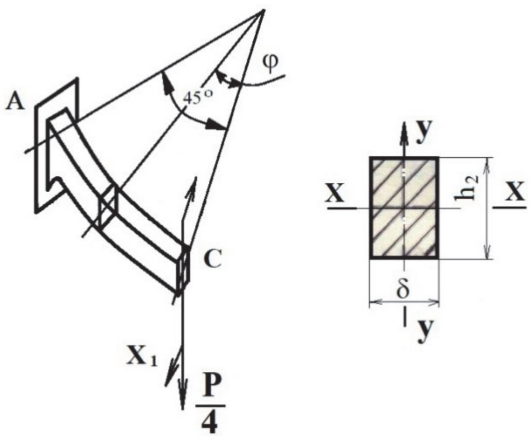
Եթե զսպանակը բեռնավորված է կենտրոնացված բեռով, որի համեմատ զսպանակի սեփական կշիռը փոքր է և կարելի է արհամարհել, ապա դինամիկ հաշվարկում այն կարելի է դիտել որպես մեկ ազատության աստիճան ունեցող համակարգ, որի երկրաչափական վիճակը որոշվում է մեկ պարամետրով՝ զսպանակի ճկվածքով:

Առանցքային երկայնական P բեռից հարթ ակոսավոր զսպանակի ճկվածքը հաշվելու համար դիտարկենք նրա օղակի մեկ քառորդը (նկ.3):



Նկ. 3. Զսպանակի մեկ քառորդ օղակի հաշվարկային սխեման

Քանի որ զսպանակը համաչափ է “A” և “B” հարթությունների նկատմամբ, իսկ P բեռը գտնվում է այդ հարթությունների մեջ, ապա “A” և “B” հարթությունները միմյանց նկատմամբ չեն պտտվի, բայց կտեղափոխվեն առանցքային ուղղությամբ: “C” կտրվածքում առաջանում է $\frac{P}{4}$ կտրող ուժ (նկ. 4):



Նկ. 4. Ներքին ուժերի բաշխումը օղակի C կտրվածքում

Ծռող մոմենտը հավասար է զրոյի, որովհետև կտրվածքի ծանրության կենտրոնը հանդիսանում է քառորդ օղակի առաձգական գծի շրջման կետը: “C” կտրվածքում ոլորող մոմենտը որոշվում է ստատիկական անորոշելիության բացման մեթոդով.

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1p} = 0:$$

δ_{11} գործակիցը և Δ_{1p} ազատ անդամը հաշվարկվում են Մաքսվել-Մորի ինտեգրալների միջոցով:

Հաշվարկելով “C” կտրվածքի ուղղաձիգ տեղափոխությունը “A” կտրվածքի նկատմամբ՝ կստանանք.

$$\lambda c = \eta \frac{PR^3}{EJ_x}:$$

η –ն կախված է $K = \frac{EJ_x}{C}$ –ից և որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$\eta = \frac{1.8K + 0.076K^2}{9.1 + 41.1K}:$$

E-ն առաձգականության առաջին սեռի մոդուլն է, J_x –ը՝ օղակի նորմալ կտրվածքի իներցիալ առանցքային մոմենտը x առանցքի նկատմամբ, c-ն՝ օղակի նորմալ կտրվածքի կոշտությունը՝ ըստ ոլորման:

“B” կտրվածքի ուղղաձիգ տեղափոխությունը “A”-ի նկատմամբ հավասար է՝ $\lambda_0 = 2\lambda_c$:

Հարթ ակոսավոր զսպանակի լրիվ ճկվածքը առանցքային P ուժի ստատիկ ազդեցությունից հավասար է՝ $\lambda_{ստ} = 2q\lambda_c$:

Այսպիսով, երբ զսպանակը բեռնավորված է սեփական կշռի համեմատ մեծ առանցքային բեռով, ապա նրա սեփական տատանման շրջանային հաճախականությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով [1]՝

$$\omega^2 = \frac{g}{\lambda_{un}}:$$

Ծրթռաբեռների համար կայունացած տատանման դեպքում դինամիկական գործակցի ամպլիտուդային (ամենամեծ) արժեքը որոշվում է հետևյալ բանաձևով [1]՝

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{\theta^2}{\omega^2}\right)^2 + \text{Ɣ}^2\frac{\theta^2}{\omega^2}}},$$

որտեղ θ^2 – ն գործող թրթռաբեռի շրջանային հաճախականությունն է, $\text{Ɣ} = \frac{\beta}{m\omega}$ –ն՝ դիմադրությունը հաշվի առնող վերացական գործակից է, իսկ β - ն՝ դիմադրության ուժի և արագության համեմատականության գործակից:

Դիմադրության բացակայության դեպքում $\mu = \frac{1}{1-\frac{\theta^2}{\omega^2}}$:

Բեռների կարճատև ազդեցության դեպում, երբ բեռը ազդում է ազատ տատանման կիսապարբերությունից փոքր ժամանակահատվածում՝ $t \le \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\omega}$, ապա դինամիկական գործակիցը դիմադրության բացակայության դեպքում՝ $\mu = 1 - \cos\omega t$, որի առավելագույն արժեքը հավասար է 2-ի:

Զսպանակի օղակների լայնական կտրվածքներում ներքին ուժերը և համապատասխան լարումները հաշվարկվում են μP բեռի ստատիկ ազդեցությունից՝ ըստ նկ․4-ում բերված հաշվարկային սխեմայի:

Եզրակացություն. Դինամիկ բեռների դեպքում հարթ ակոսավոր զսպանակների վերլուծական հաշվարկները հնարավորություն են տալիս գործնականում ընդլայնել դրանց կիրառությունը տարբեր պատասխանատու կոնստրուկցիաների ճշգրիտ հանգույցներում:

Ստատիկ և դինամիկ բեռների դեպքում ամբողջական ծավալով կատարվող հաշվարկները հուսալի երաշխիք են զսպանակի նպատակային կիրառության համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Гуцаленко Ю.Г.** Применения и перспективы прорезных пружин в машиностроении // ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ. -2017. - Вып. 12. - С.41-53.
2. **Корнев Б.Г., Рабинович И.М.** Справочник по динамике сооружений. –М.: Стройиздат, 1972.
3. **Пономарев С.Д.** Расчет упругих элементов машин и приборов. -М.: Машиностроение, 1980.
4. **Киселев В.А.** Строительная механика. Специальный курс. –М.: Стройиздат, 1980.
5. **Князева В.А.** К расчету толстостенных прорезных пружин//Изв. высш. учеб. заведений. Машиностроение. -1975. -N10. –С. 18 – 22.

В.П. БАРСАМЯН, Ю.В. АРУТЮНЯН

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПЛОСКО-ПРОРЕЗНЫХ ПРУЖИН

В связи с широком применением плоско-прорезных пружин в станкостроении, роботостроении, атомной энергетике и других отраслях возникла необходимость создания комплексной методики конструктивного расчета. С этой целью всесторонне изучены динамические свойства пружины: частота собственных колебаний, динамические коэффициенты нагрузок. Рассмотрены влияние различных видов нагрузок и формы расчета, соответствующие динамическим коэффициентам.

Ключевые слова: плоско-прорезная пружина, частота собственных колебаний, динамический коэффициент, вековое уравнение, расчётная схема.

V.P. BARSAMYAN, Y.V. HARUTYUNYAN

CALCULATION OF FLAT-THREADED SPRINGS FROM DYNAMIC LOADS

The growing use of flat-threaded springs in mechanical engineering, robotics, nuclear power and other fields necessitates the development of a comprehensive method of constructive calculation. To that end, the dynamic properties of the spring such as frequency of self-oscillations and the dynamic coefficients of loads have been comprehensively studied. The effect of different types of dynamic loads and the calculation of the corresponding dynamic coefficients are observed.

Keywords: flat-threaded spring, self-oscillation frequency, dynamic coefficient, century equation, calculation scheme.