Кроме того, относительно большие затраты на исследования и разработки, необходимые для реализации холоднодеформируемых процессов, большой объем работ и инструментов для деформации являются проблемой для производства. В этом случае образование металлов изучается с помощью автоматизированных систем моделирования. За счет этого значительно снижаются затраты на технологическую подготовку производства. Процесс, потребовавший создания сложных структур, рекомендуется частично или полностью заменить реальным процессом виртуальными экспериментами.

Ключевые слова: деформация, система, моделирование, оптимизация, раскрой, механизм, матрица.

M.A. Zhankish, A.A. Tengayeva*,
Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Republic of Kazakhstan
*zh.m.a_96@mail.ru, aijan0973.tengaeva@yandex.ru**

DETERMINATION AND ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS AND TOOLS IN ORDER TO OPTIMIZE THE MODELING PROCESS.

Abstract.

This paper is concerned to the analysis of the construction of the devices with software program for the optimization production. It is necessary to optimize the basic parameters of production for quality improvement. Detailed predictions of interacting parts in a mechanism assembly are made possible through use of value engineering based process and material selection and advanced simulation technology. This article discusses the possibility of ensuring by increasing labor productivity and the level of decisions taken in the design of low-waste and promising technological processes, the accumulation of data on methods of forming blanks, the expansion of the use of computer technology, design CAD and CAE. Of particular importance in the development of cold stamping technologies are the initial design values in the modeling process.

In addition, the relatively large research and development costs required to implement cold forming processes, the large amount of work and deformation tools are a problem for production. In this case, the formation of metals is studied using automated simulation systems. Due to this, the costs of technological preparation of production are significantly reduced. The process that required the creation of complex structures is recommended to be partially or completely replaced by a real process with virtual experiments.

Key words: deformation, system, modeling, optimization, cutting, mechanism, matrix.

ҒТАМР 29.19.13: 30.19.15 **DOI https://doi.org/10.37884/4-2021/14**
ӘОЖ 539.3

*М. Немеребаев, Т.Л. Аязбаев, П.М. Маликтаева, Ж.А. Шымыр**

Халықаралық Тараз инновациялық иниституты, Тараз қ. Қазақстан Республикасы,
nemerebayev@mail.ru, ayazbaev.talgat@mail.ru, sakosh_78@mail.ru,
*shymyr.zhalel@gmail.com**

ЦИЛИНДР ТӘРІЗДІ КАРКАСТЫҢ ДИНАМИКАСЫ

Аңдатпа.

Өзара параллел орналасқан k саннан тұратын стрингерлерден және оған ортогонол жазықтықта орналасқан l сақиналы шпангоуттардан тұратын каркасты қарастырылған.

Алдын ала қарастырылатын каркастың бөлшектерінің әсер ету функциясын анықтау қажет және оған әсер ететін күштің бағыты, сақиналы шпангоуттың орта сызығының жанамасымен бағыттас болған жағдай жан-жақты есептелді.

Нәтиже алу үшін алдын ала еркін жүктемелердің әсерінен жұқа цилиндрлік қабыршақты есептеу, оның әсер ету функциясының матрицасын құру қажеттілігі туындап, зерттеу жұмыстары жүргізілді. Тегіс цилиндрлік қабыршақта, бұл мәселені шешу үшін, алдымен каркасталған цилиндрлік қабыршақты есептеуге мүмкіндік береді, егер қабыршақтан еркін каркастың әсер ету функциялары белгілі болса ғана.

Тегіс цилиндрлік қабыршақтың әсер ету функциясының матрицасын есептеуге болады, егер оның физикалық мәні бірлік күштің: тік (нормалдық), өстік және шеңбер бойымен әсерінен әсер ету функциялары болып табылатын алты негізгі элементі белгілі болған жағдайда.

Осы жұмыста каркастың динамикалық икемділік функциясы анықталды. Каркастың динамикалық икемділік функциясына әсер ету функцияларын анықтауда қолданылған тәсілдерге сүйеніп анықталынды.

Динамикалық икемділік функциясы анықтау үшін арнайы тәсілдерді қолданып қажетті теңдеулер жүйессі алынды.

Кілт сөздер: *Динамика, функция, цилинр, каркас, икемділік, элемент, күш, бағыт.*

Кіріспе.

Өзара параллел орналасқан *к* саннан тұратын стрингерлерден және оған ортогонол жазықтықта орналасқан *l* сақиналы шпангоуттардан тұратын каркасты қарастырамыз.

Алдымен бұндай каркастың бөлшектерінің әсер ету функциясын анықтауда, оған әсер ететін күштің бағыты, сақиналы шпангоуттың орта сызығының жанамасымен бағыттас болған жағдайды қарастырамыз.

Әдістер мен тәсілдер.

Демек, ϑ реттегі шпангоуттың әсер ету функциясы $W_z^k(\theta,\varphi)$ келесі теңдеулер арқылы анықталынады.

$$W^k(\Theta,\varphi)=W(\Theta,\varphi)-\sum_{i=1}^{k}\frac{1}{K_i}W^k\left(\Theta_{i,}\varphi\right)W(\Theta,\Theta_i) \qquad (1)$$

$$\text{және } W^k\left(\Theta_j\varphi\right)=W\left(\Theta_j\varphi\right)-\sum_{i=1}^{k}\frac{1}{K_i}W^k\left(\Theta_{i,}\varphi\right)W\left(\Theta_j,\Theta_i\right) \qquad (2)$$

Мұнда (j=1,2,3,.....,k)

$K_{z_i}(x,æ)$ шпангоутпен қосылмаған $\boldsymbol{i}$ реттегі стренгердің әсер ету фунциясы, оның физикалық мәні стрингердің кезкелген кординаты $\boldsymbol{x}$ нүктесінің ұзындығы бойынша координатасы æ нүктесінде әсер ететін бірлік күштен орын ауыстыруы, ал ${K^i}_{z_i}(x,æ)$ бұл сол стрингерлдің $\boldsymbol{i}$ –реттегі шпангоутпен қосылған нүктесінің әсер ету функциясы. Берілген тіректерде стрингердің $K_{z_i}(x,æ)$ анықтау қиындық тудырмайды және механикада белгілі тәсілдермен анықталынып, ал ${K^i}_{z_i}(x,æ)$ функциясы онымен келесі қатынаста болады [1,2]:

$${K^i}_{z_i}(x,æ)=\ K_{z_i}(x,æ)-\sum_{\vartheta=1}^{i}\frac{1}{W_{z\vartheta}^{k-1}(\theta_i,\theta_i)}K_{z_i}^{i}(x_\vartheta æ)K_{z_i}(x,x_\vartheta) \qquad (3)$$

Осыған сәйкес $æ=x_\vartheta$ қойыу арқылы ${K^i}_{z_i}(x_\vartheta,x_\vartheta)$ теңдеулер жүйесін аламыз.

Байқайтынымыз $W_{z\vartheta}^{k-1}(\theta_i,\theta_i)$ ϑ-реттегі шпангоуттың $\theta=\theta_i$ және $\varphi=\theta_i$, тек $\boldsymbol{i}$ –реттегі стрингерден басқа барлық стрингерлермен түйісу нүктесінде әсер ету функциясы. Дәл осы сияқты, $K_{z_i}(x,æ)$ демек бұл $\boldsymbol{i}$ –реттегі стрингердің ϑ-реттегі шпангоуттан басқа барлық шпангоутпен түйіскен нүктесіндегі әсер ету функциясы әсер ететін нүктелер $x=x_\vartheta$, $æ=x_\vartheta$ болғанда [3].

$$K_{z_i}=K_{z_i}^{i-1}(x_\vartheta,x_\vartheta)=K_{z_i}(x_\vartheta,x_\vartheta)-\sum_{\substack{\mu=1\\ \mu\neq\vartheta}}^{i}\frac{1}{W_{z_\mu}^{k-1}(\theta_i,\theta_i)}*K_{z_i}^{i-1}\left(x_\mu,x_\vartheta\right)*K_{z_i}\left(x_\vartheta,x_\mu\right);$$

$$K_{x_i}=K_{x_i}^{i-1}(x_\vartheta,x_\vartheta)=K_{x_i}(x_\vartheta,x_\vartheta)-\sum_{\substack{\mu=1\\ \mu\neq\vartheta}}^{i}\frac{1}{\frac{\partial}{\partial\theta}W_{x_\mu}^{k-1}(\theta,\varphi)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_i}}}*K_{x_i}^{i-1}\left(x_\mu,x_\vartheta\right)K_{x_i}\left(x_\mu,x_\vartheta\right) \qquad (4)$$

$$K_{M_i} = K_{M_i}^{i-1}(x_\vartheta, x_\vartheta) =$$
$$K_{z_i}(x_\vartheta, x_\vartheta) - \sum_{\substack{\mu=1\\ \mu\neq\vartheta}}^{i} \frac{1}{W_{M_\mu}^{k-1}(\theta_i,\theta_i) - \frac{\partial^2}{\partial\theta^2} W_{M_\mu}(\theta,\varphi)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_i}}} * K_{M_i}^{i-1}\big(x_\mu, x_\vartheta\big) K_{M_i}\big(x_\mu, x_\vartheta\big).$$

Осы қатынастарға $W_{z_\mu}^{k-1}(\theta_i, \theta_i)$, $W_{x_\mu}^{k-1}(\theta_i, \theta_i)$ және $W_{M_\mu}^{k-1}(\theta_i, \theta_i)$ мәндерін анықтау үшін келесі теңдеулер жүйесін аламыз

$$W_z^k(\Theta, \varphi) = W_z(\Theta, \varphi) - \sum_{i=1}^{k} \frac{1}{K_z} W_z^k\big(\Theta_{i,}\varphi\big) * W(\Theta, \Theta_i) - \sum_{i=1}^{k} \frac{1}{K_{x_i}} \frac{\partial}{\partial\Theta} W_z^k(\Theta, \varphi) \uparrow_{\Theta=\Theta_i} *$$
$$W_x(\Theta, \Theta_i) + \sum_{i=1}^{k} \frac{1}{k_{x_i}} * \frac{1}{r}\left[W_z^k\big(\Theta_{i,}\varphi\big) - \frac{\partial^2}{\partial\Theta^2} W_z^k(\Theta, \varphi) \uparrow_{\Theta=\Theta_i}\right]\left[W_z(\Theta, \Theta_i) - \frac{\partial}{\partial\varphi} W_k(\Theta, \varphi) \uparrow_{\varphi=\Theta_i}\right] \quad (5)$$

$$W_z^k\big(\Theta_j, \varphi\big) =$$
$$W\big(\Theta_j, \varphi\big) - \sum_{i=}^{k} \frac{1}{K_{z_i}} W_z^k\big(\Theta_{i,}\varphi\big) *$$
$$\frac{r^4}{\pi B} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^z} \cos\frac{2\pi n}{k}(j-i) - \sum_{i=1}^{k} \frac{1}{K_{x_i}} \frac{\partial}{\partial\theta} W_z^k(\Theta, \varphi) \uparrow_{\Theta=\Theta_i} \frac{r^4}{\pi B} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^x} \sin\frac{2\pi n}{k}(j-i) +$$
$$\sum_{i=1}^{k} \frac{1}{K_{M_i}} \frac{1}{r}\left[W_z^k\big(\Theta_{i,}\varphi\big) - \frac{\partial^2}{\partial\theta^2} W_z^k(\Theta, \varphi) \uparrow_{\Theta=\Theta_i}\right] \frac{r^4}{\pi B} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^M} * \cos\frac{2\pi n}{k}(j-i).$$

Мұнда j= 1,2,3,….,k

$\lambda_n^z = n^2(n^2-1)^2;$

$\lambda_n^x = n(n^2-1)^2\ ;$

$\lambda_n^M = \frac{n^2\left(n^2-1\right)^2}{n^2+1}\,.$

$$W_z^k\big(\Theta_j, \varphi\big) =$$
$$W\big(\Theta_j, \varphi\big) - \sum_{i=}^{k} \frac{1}{K_{z_i}} W_z^k\big(\Theta_{i,}\varphi\big) *$$
$$\frac{r^4}{\pi B} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^z} \cos\frac{2\pi n}{k}(j-i) - \sum_{i=1}^{k} \frac{1}{K_{x_i}} \frac{\partial}{\partial\theta} W_z^k(\Theta, \varphi) \uparrow_{\Theta=\Theta_i} \frac{r^4}{\pi B} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^x} \sin\frac{2\pi n}{k}(j-i) +$$
$$\sum_{i=1}^{k} \frac{1}{K_{M_i}} \frac{1}{r}\left[W_z^k\big(\Theta_{i,}\varphi\big) - \frac{\partial^2}{\partial\theta^2} W_z^k(\Theta, \varphi) \uparrow_{\Theta=\Theta_i}\right] \frac{r^4}{\pi B} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^M} * \cos\frac{2\pi n}{k}(j-i).$$

Мұнда j= 1,2,3,….,k

$\lambda_n^z = n^2(n^2-1)^2;$

$\lambda_n^x = n(n^2-1)^2\ ;$

$\lambda_n^M = \frac{n^2\left(n^2-1\right)^2}{n^2+1}\,.$

Синус пен косинустың периодтық заңдылығын ескеріп

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^z} \cos\frac{2\pi n}{k}(j-i) = \sum_{n=0}^{k} \Delta_{zn} \cos\frac{2\pi n}{k}(j-i).$$
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^x}\ \sin\frac{2\pi n}{k}(j-i) = \sum_{n=1}^{k} \Delta_{xn} \sin\frac{2\pi n}{k}(j-i) \quad (6)$$
$$\Delta_{zn} = \sum_{s=-\infty}^{\infty} \frac{1}{\lambda_{ks+n}^z}\ , \quad \Delta_{xn} = \sum_{s=-\infty}^{\infty} \frac{1}{\lambda_{ks+n}^x}.$$

$$W_z^k\big(\Theta_j, \varphi\big) = W_z\big(\Theta_j, \varphi\big) - \frac{r^4}{\pi B} \sum_{i=1}^{k} \sum_{n=0}^{k} W_z^k\big(\Theta_{i,}\varphi\big)\left[\frac{1}{K_{z_i}} \Delta_{zn} - \frac{1}{rK_{M_i}} \Delta_{Mn}\right] * \cos\frac{2\pi n}{k}(j-i) -$$
$$\frac{r^4}{\pi B} \sum_{i=1}^{k} \sum_{n=0}^{k} \frac{\partial}{\partial\theta} W_z^k(\theta, \varphi) \uparrow_{\theta=\theta_i} * \frac{1}{K_{z_i}} \Delta_{xn} * \sin\frac{2\pi n}{K}(j-i) - \frac{r^4}{\pi B} \sum_{i=1}^{k} \sum_{n=0}^{k} \frac{\partial^2}{\partial\theta^2} W_z^k(\theta, \varphi) \uparrow_{\theta=\theta_i} *$$
$$\frac{1}{rK_{M_i}} \Delta_{Mn} \cos\frac{2\pi n}{K}(j-i)\,;$$

$$\frac{\partial}{\partial\theta} W_z^k(\theta, \varphi) \uparrow_{\theta=\theta_i} = \frac{\partial}{\partial\theta} W_z^k(\theta, \varphi) \uparrow_{\theta=\theta_i} + \frac{r^4}{\pi B} \sum_{i=1}^{k} \sum_{n=0}^{k} W_z^k\big(\Theta_{i,}\varphi\big) * \left[\frac{1}{K_{z_i}} \Delta^I{}_{zn} -\right.$$
$$\left.\frac{1}{rK_{M_i}} \Delta^I{}_{Mn}\right] \sin\frac{2\pi n}{K}(j-i) - \frac{r^4}{\pi B} \sum_{i=1}^{k} \sum_{n=0}^{k} \frac{\partial}{\partial\theta} W_z^k(\theta, \varphi) \uparrow_{\theta=\theta_i} * \frac{1}{K_{x_i}} \Delta_{M_i}^I \cos\frac{2\pi n}{K}(j-i) *$$
$$\frac{r^4}{\pi B} \sum_{i=1}^{k} \sum_{n=0}^{k} \frac{\partial^2}{\partial\theta^2} W_z^k(\theta, \varphi) \uparrow_{\theta=\theta_i} \frac{1}{rK_{M_i}} \Delta^I{}_{Mn} * \sin\frac{2\pi n}{K}(j-i)\ ; \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}W_z^k(\theta,\varphi)\uparrow_{\theta=\theta_i}=\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}W_z^k(\theta,\varphi)\uparrow_{\theta=\theta_i}+\frac{r^4}{\pi B}\sum_{i=1}^k\sum_{n=0}^k W_z^k\left(\Theta_{i,}\varphi\right)*\left[\frac{1}{K_{z_i}}\Delta^{II}{}_{zn}-\right.$$

$$\left.\frac{1}{rK_{M_i}}\Delta^{II}{}_{Mn}\right]\cos\frac{2\pi n}{K}(j-i)+\frac{r^4}{\pi B}\sum_{i=1}^k\sum_{n=0}^k\frac{\partial}{\partial\theta}W_z^k(\theta,\varphi)\uparrow_{\theta=\theta_i}*\frac{1}{K_{x_i}}\Delta_{Mn}^{II}\sin\frac{2\pi n}{K}(j-i)-$$

$$\frac{r^4}{\pi B}\sum_{i=1}^k\sum_{n=0}^k\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}W_z^k(\theta,\varphi)\uparrow_{\theta=\theta_i}\frac{1}{rK_{M_i}}\Delta^{II}{}_{Mn}*\cos\frac{2\pi n}{K}(j-i)\ .$$

$$\Gamma_z^k(\theta,\varphi,\omega^2)=\Gamma_z(\theta,\varphi,\omega^2)-\sum_{i=1}^k\frac{1}{\gamma_{zi}}\Gamma_z^k(\theta_i,\varphi,\omega^2)-\sum_{i=1}^k\frac{1}{\gamma_{xi}}\frac{\partial}{\partial\theta}\Gamma_z^k(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\theta=\theta_i}*$$

$$\Gamma_z(\theta,\theta_i,\omega^2)+$$

$$\sum_{i=1}^k\frac{1}{r\gamma_{Mi}}\left[\Gamma_z^k(\theta_i,\varphi,\omega^2)-\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\ \Gamma_z^k(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\theta=\theta_i}\right]\left[\Gamma_z(\theta,\theta_i,\omega^2)-\frac{\partial}{\partial\varphi}\Gamma_z\left(\theta,\varphi,\omega^2\uparrow_{\varphi=\theta_i}\right)\ \right]\ ;\quad(8)$$

$$\Gamma_x^k(\theta,\varphi,\omega^2)=\Gamma_x(\theta,\varphi,\omega^2)\sum_{i=1}^k\frac{1}{\gamma_{zi}}\Gamma_x^k(\theta_i,\varphi,\omega^2)\sum_{i=1}^k\frac{1}{\gamma_{xi}}\frac{\partial}{\partial\theta}\Gamma_x^k(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\theta=\theta_i}*\Gamma_x(\theta,\theta_i,\omega^2)$$

$$-\sum_{i=1}^k\frac{1}{r\gamma_{Mi}}\left[\Gamma_x^k(\theta_i,\varphi,\omega^2)-\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\Gamma_x^k(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\theta=\theta_i}\right]\left[\Gamma_z(\theta,\varphi,\omega^2)-\frac{\partial}{\partial\varphi}\Gamma_x(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\varphi=\theta_i}\right].$$

Нәтижелер.

Осымен біз барлық белгісіздерді анықтайтын тұйық алгебралық теңдеулер жүйесін алдық.

Мұнда (5) , (6) және (3) теңдеулер жүйесі каркастың әр бөлшегінің әсер ету функциясын анықтайды. Бұл жерде $W_{z_\vartheta}^k(\theta,\varphi)$ және $K_{z_i}^i(x,z)$ физикалық мәндері бөлшектің кез-келген нүктесінде әсер еткен бірлік күштің әсерінен осы бөлшегінің орын ауыстыруын білдіреді

Алайда, каркастың әсер ету функциясын тұтастай анықтаған жөн, яғни каркастың оның бөлшектерінің біреуінің кез-келген нүктесіне қолданылатын бірлік күшінің әсерінен кез-келген бөлшегінің орын ауыстыруы. Онда жүктелген каркастың бөлшегінің әсер ету функция егер ол бөлшек $\vartheta-$ реттегі шпангоут болса келесі теңдеумен анықталынады $\frac{B}{r^3}\left(\frac{d^5W}{d\theta^5}+2\frac{d^3W}{d\theta^3}+\frac{dW}{d\theta}\right)-\propto_x\frac{dW}{d\theta}=dX$, ал егер жүктеме $\boldsymbol{i}$ - ші стрингерге қолданылса онда (3) өрнек арқылы анықталынады. Егер жүктеме тікелей қолданылмайтын каркастың бөлшектерінің әсер ету функцияларын анықтау жоғарыда аталған әдістермен жүзеге асырылады, бірақ бұл жағдайда бөлшектері ретінде бастапқы тірек жүйесінің бөлшегіне бірлік жүктеменің әсерінен деп қарастырылады [4,5].

Каркастың динамикалық икемділік функциясын анықтау.

Каркастың динамикалық икемділік функциясы жоғарыда әсер ету функцияларын анықтауда қолданылған тәсілдерге сүйеніп анықталынады.

$\Gamma_{z\vartheta}^k(\theta,\varphi,\omega^2)$ және $\Gamma_{x\vartheta}^k(\theta,\varphi,\omega^2)$ анықтау үшін (7) және [1] пайдаланамыз.

Жүктелген стрингерлерге

$$\gamma_{x_i}^i(x,æ,\omega^2)=\gamma_{x_i}(x,æ,\omega^2)-\sum_{\vartheta=1}^i\frac{1}{\frac{\partial}{\partial\theta}\Gamma_{x\vartheta}^{k-1}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_i}}}*\gamma_{x_i}^i(x_\vartheta,æ,\omega^2)\gamma_{x_i}(x,x_\vartheta,\omega^2)\ ;$$

$$\gamma_{z_i}^i(x,æ,\omega^2)=\gamma_{z_i}(x,æ,\omega^2)-\sum_{\vartheta=1}^i\frac{1}{\Gamma_{z\vartheta}^{k-1}(\theta_i,\theta_i,\omega^2)}*\gamma_{z_i}^i(x_\vartheta,æ,\omega^2)*\gamma_{z_i}(x,x_\vartheta,\omega^2)\ ;\qquad(9)$$

$$\gamma_{M_i}^i(x,æ,\omega^2)=$$

$$\gamma_{M_i}(x,æ,\omega^2)-\sum_{\vartheta=1}^i\frac{1}{\Gamma_{M\vartheta}^{k-1}(\theta_i,\theta_i,\omega^2)-\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\Gamma_{M\vartheta}^{k-1}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_i}}}*\gamma_{M_i}^i(x_\vartheta,æ,\omega^2)\gamma_{M_i}(x,x_\vartheta,\omega^2)\ .$$

Мұнда $\gamma_{x_i}^i(x,æ,\omega^2),\gamma_{z_i}^i(x,æ,\omega^2)$ және $\gamma_{M_i}^i(x,æ,\omega^2)$ $\boldsymbol{i}$ - ші стрингердің шпангоутпен түйіспеген жағдайындағы амплитудалық орын ауыстыру функциясы, сол тректерде орналысқан арқалық ретіндегі белгілі тәсілдермен анықталынған [6].

Динамикалық икемділік функциясы анықтау үшін [1] тәсілдерді қолданып келесі теңдеулер жүйесін аламыз.

$$\begin{gathered}\Gamma_{z\vartheta}^{k}\left(\theta_j,\theta_p,\omega^2\right)=\textstyle\sum_{n=0}^{k}\Delta_{an}^{z}*\cos\frac{2\pi n}{K}(j-p)-\frac{r^4}{\pi B_{\vartheta}}\sum_{i=1}^{k}\sum_{n=0}^{k}\Gamma_{z\vartheta}^{k}\left(\theta_j,\theta_p,\omega^2\right)*\\ \left(\frac{1}{\gamma_{z_i}}\Delta_{an}^{z}-\frac{1}{r\gamma_{Mi}}\Delta_{an}^{z}-\frac{1}{r\gamma_{Mi}}\Delta_{an}^{x^I}\right)\cos\frac{2\pi n}{K}(j-i)-\\ \frac{r^4}{\pi B_{\vartheta}}\textstyle\sum_{i=1}^{k}\sum_{n=1}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}\Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_p}}\frac{1}{\gamma_{x_i}}\Delta_{an}^{x}\sin\frac{2\pi n}{K}(j-i)-\\ \frac{r^4}{\pi B_{\vartheta}}\textstyle\sum_{i=1}^{k}\sum_{n=1}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_p}}\frac{1}{r\gamma_{Mi}}\left(\Delta_{an}^{z^I}+\Delta_{an}^{x^I}\right)\cos\frac{2\pi n}{K}(j-i)\,. \qquad (10)\end{gathered}$$

(p=1,2,3,….,k).

(10) теңдеуді $\sin\frac{2\pi q}{K}j$ көбейтіп және ***j*** арқылы 1-ден ***k***-дейін жинақтап аламыз

$$\begin{aligned}&\sum_{j=1}^{k}\Gamma_{z\vartheta}^{k}\left(\theta_j,\theta_p,\omega^2\right)\sin\frac{2\pi q}{K}j\\ &\qquad=-\frac{k}{2}\Delta_{aq}^{z}\sin\frac{2\pi q}{K}p+k\frac{r^4}{\pi B}\\ &\qquad*\sum_{i=1}^{k}\Gamma_{z\vartheta}^{k}\left(\theta_j,\theta_p,\omega^2\right)\sin\frac{2\pi q}{K}i\left(\frac{1}{\gamma_{z_i}}\Delta_{aq}^{z}-\frac{1}{\gamma_{x_i}}\Delta_{aq}^{z}-\frac{1}{r\gamma_{Mi}}\Delta_{aq}^{x^I}\right)\\ &\qquad-k\frac{r^4}{\pi B}\sum_{i=1}^{k}\frac{1}{\gamma_{x_i}}\Delta_{aq}^{x}\frac{\partial}{\partial\theta}\Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_p}}\cos\frac{2\pi q}{K}i\\ &\qquad+k\frac{r^4}{\pi B}\sum_{i=1}^{k}\frac{1}{\gamma_{M_i}}\left(\Delta_{aq}^{z}+\Delta_{aq}^{x^I}\right)\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_p}}\sin\frac{2\pi q}{K}i\,.\end{aligned}$$

(q=1,2,3,….,k).

Бұл жерде біз келесі қатынастарды қолдандық

$$\textstyle\sum_{j=1}^{k}\sin\frac{2\pi n}{K}j\sin\frac{2\pi q}{K}j=\begin{cases}\frac{k}{2}(n=q)\\ 0(n\neq q)\end{cases}$$

Каркастың құрамындағы барлық стрингерлер серпінді –инерциалық параметрде болған жағдайда келесі мәндерге тоқталамыз да [7,8], онда

$$\begin{gathered}\textstyle\sum_{j=1}^{k}\Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta,\varphi,\omega^2)\sin\frac{2\pi q}{K}j=\left[1-k\frac{r^4}{2\pi B_{\vartheta}}\left(\frac{1}{\gamma_z}\Delta_{aq}^{z}-\frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{z}-\frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{x^I}\right)\right]-\frac{k}{2}\Delta_{aq}^{z}\sin\frac{2\pi q}{K}p-\\ k\frac{r^4}{2\pi B_{\vartheta}}*\frac{1}{\gamma_x}\Delta_{aq}^{x}\textstyle\sum_{j=1}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}\Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_p}}\cos\frac{2\pi q}{K}j+k\frac{r^4}{2\pi B_{\vartheta}}*\\ \frac{1}{r\gamma_M}\left(\Delta_{aq}^{z}+\Delta_{aq}^{x^I}\right)\textstyle\sum_{j=1}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_p}}\sin\frac{2\pi q}{K}j\,. \qquad (11)\end{gathered}$$

Осыған сәйкес тағыда екі теңдеулер жүйесін аламыз

$$\begin{gathered}\textstyle\sum_{j=1}^{k}\frac{\partial}{\partial\theta}\Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_p}}\cos\frac{2\pi q}{K}j\left[1+k\frac{r^4}{2\pi B_{\vartheta}}\Delta_{aq}^{x^I}\frac{1}{\gamma_x}\right]=\\ \frac{k}{2}\Delta_{aq}^{z^I}\cos\frac{2\pi q}{K}p-k\frac{r^4}{2\pi B_{\vartheta}}\left(\frac{1}{\gamma_x}\Delta_{aq}^{z^I}-\frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{z^I}-\right.\\ \left.\frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{x^I}\right)\textstyle\sum_{j=1}^{k}\Gamma_{z\vartheta}^{k}\left(\theta_j,\theta_p,\omega^2\right)\sin\frac{2\pi q}{K}j-k\frac{r^4}{2\pi B_{\vartheta}}\frac{1}{\gamma_M}\left(\Delta_{aq}^{z^I}+\right.\\ \left.\Delta_{aq}^{x^{II}}\right)\textstyle\sum_{j=1}^{k}\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta,\varphi,\omega^2)\uparrow_{\substack{\theta=\theta_i\\ \varphi=\theta_p}}\sin\frac{2\pi q}{K}j\,; \qquad (12)\end{gathered}$$

$$\sum_{j=1}^{k} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta, \varphi, \omega^2) \uparrow_{\substack{\theta=\theta_i \\ \varphi=\theta_p}} \cos\frac{2\pi q}{K} j \left[1 + k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\frac{1}{r\gamma_M} * \left(\Delta_{aq}^{z^{II}} + \Delta_{aq}^{x^{III}}\right)\right] = \frac{k}{2}\Delta_{\text{aq}}^{\text{z}^{\text{II}}}\sin\frac{2\pi q}{K} p -$$

$$k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\left(\frac{1}{\gamma_z}\Delta_{aq}^{z^{II}} - \frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{z^{II}} - \frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{x^{III}}\right)\sum_{j=1}^{k} \Gamma_{z\vartheta}^{k}\left(\theta_j, \theta_p, \omega^2\right)\sin\frac{2\pi q}{K} j +$$

$$k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\frac{1}{\gamma_x}\Delta_{aq}^{x^{II}} \sum_{j=1}^{k} \frac{\partial}{\partial \theta} \Gamma_{z\vartheta}^{k}(\theta, \varphi, \omega^2) \uparrow_{\substack{\theta=\theta_i \\ \varphi=\theta_p}} \cos\frac{2\pi q}{K} j.$$

(11) және (12) теңдеулер белгісіз қосындыларды анықтайтын алгебралық жүйені құрады. Осы жүйенің анықтауышының нолге тең болуы резонанс шартын құрайды [9,10].

$$\left|\begin{array}{r}
1 - k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\left(\frac{1}{\gamma_z}\Delta_{aq}^{z} - \frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{z} - \frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{x^I}\right) ; \\
k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\Delta_{aq}^{x}\frac{1}{\gamma_x} ; \\
k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\left(\Delta_{aq}^{z} + \Delta_{aq}^{x^I}\right)\frac{1}{r\gamma_M} ; \\
k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\left(\frac{1}{\gamma_z}\Delta_{aq}^{z^I} - \frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{z^I} - \frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{x^{II}}\right); \\
1 + k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\Delta_{aq}^{x^I}\frac{1}{\gamma_x} ; \\
k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\left(\Delta_{aq}^{z^I} + \Delta_{aq}^{x^{II}}\right)\frac{1}{r\gamma_M} ; \\
k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\left(\frac{1}{\gamma_z}\Delta_{aq}^{z^{II}} - \frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{z^I} - \frac{1}{r\gamma_M}\Delta_{aq}^{x^{III}}\right) ; \\
k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\Delta_{aq}^{x^{II}}\frac{1}{\gamma_x} ; \\
1 + k\frac{r^4}{2\pi B_\vartheta}\left(\Delta_{aq}^{z^{II}} + \Delta_{aq}^{x^{III}}\right)\frac{1}{r\gamma_M} .
\end{array}\right| = 0 \qquad (13)$$

Қорытынды.

Осы (13) теңдеуден каркастың, тек стрингермен шпангуттың түйіскен нүктелері қозғалыссыз болған нүктелерден басқаларының барлық тербеліс жиіліктері анықталынады.

Әдебиеттер тізімі

1. Немеребаев М.Н., Бекмуратов М.М., Актаев Е.К. Колебаний композиционых оболочек тетраструктуры с учетом дискретности элементов// "Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований". - 2018. - № 6 С.30-37

2. А.Л. Гольденвейзер Теория упругих тонких оболочек. Издательство «Наука», Москва, 1976. – 512 с.

3. М. Немеребаев, А. Аязбаев, П. Маликтаева, Ж. Шымыр Цилиндір тәрізді каркастың динамикасы // Membership in the WTO: Prospects of Scientific Researches and International Technology Market: Materials of the VI International Scientific-Practical Conference. In two volumes. Volume I – Montreal, Canada: Regional Academy of Management, 2021. – p. 45-51.

4. Немеребаев М.Н., Бекмуратов М.М., Орынбаев С.А., Актаев Е.К. Динамическое поведение оболочки из композиционных материалов тетрогональной структуры.- М.: Издательский дом академии Естествознания, 2018. – 134 с.

5. Немеребаев М.Н. Композит материалдан жасалған тор көзді құрылымдардың динамикасы. Тараз: ТИГУ баспаханасы, 2020. - 256 б.

6. Григолюк Э.И., Кабанов В.В. Устойчивость оболочек. - М.: Наука, 1978. – 360 с.

7. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функции комплексного переменного. [Текст] / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит. 1973. - 749 с.

8. Диагностика некоторых упругих характеристик и параметров структуры ортотропных волокнистых композитов ультразвуковыми методами [Текст] / Абрамчук С.С. [и др.] // Механика полиметров. - 1978. - № 47 - С. 712-716.

9. Синюков А.М. Сопротивление стеклопластиков. [Текст] / А.М. Синюков.- М.: Машиностроение, 1968. – 302 с.

10. Вольмир А.С., Краснощеков И.П., Музыченко В.П. Единый комплекс экспериментальных и вычислительных средств, для исследования динамических характеристик композитных материалов [Текст] / А.С. Вольмир // Механика композитных материалов. - 1987. - № 5. - С. 921-925.

References

1. Nemerebaev M.N., Bekmuratov M.M., Aktaev E.K. Kolebanij kompozitsionykh obolochek tetrastruktury s uchetom diskretnosti ehlementov// "Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij". - 2018. - № 6 S.30-37

2. A.L. Gol'denvejzer Teoriya uprugikh tonkikh obolochek. Izdatel'stvo «Nauka», Moskva, 1976. – 512 s.

3. M. Nemerebaev, A. Ayazbaev, P. Maliktaeva, ZH. SHymyr TSilin-dir tərizdi karkastyң dinamikasy // Membership in the WTO: Prospects of Scientific Researches and International Technology Market: Materials of the VI International Scientific-Practical Conference. In two volumes. Volume I – Montreal, Canada: Regional Academy of Management, 2021. – r. 45-51.

4. Nemerebaev M.N., Bekmuratov M.M., Orynbaev S.A., Aktaev E.K. Dinamicheskoe povedenie obolochki iz kompozitsionnykh materialov tetrogonal'noj struktury.- M.: Izdatel'skij dom akademii Estestvoznaniya, 2018. – 134 s.

5. Nemerebaev M.N. Kompozit materialdan zhasalғan tor kөzdi құrylymdardyң dinamikasy. Taraz: TIGU baspakhanasy, 2020. - 256 b.

6. Grigolyuk EH.I., Kabanov V.V. Ustojchivost' obolochek. - M.: Nauka, 1978. – 360 s.

7. Lavrent'ev M.A., SHabat B.V. Metody teorii funktsii kompleksnogo peremennogo. [Tekst] / M.A. Lavrent'ev, B.V. SHabat. - M.: Nauka, Gl. red. fiz.-mat. lit. 1973. - 749 s.

8. Diagnostika nekotorykh uprugikh kharakteristik i parametrov struktury ortotropnykh voloknistykh kompozitov ul'trazvukovymi metodami [Tekst] / Abramchuk S.S. [i dr.] // Mekhanika polimetrov. - 1978. - № 47 - C. 712-716.

9. Sinyukov A.M. Soprotivlenie stekloplastikov. [Tekst] / A.M. Sinyukov.- M.: Mashinostroenie, 1968. – 302 s.

10. Vol'mir A.S., Krasnoshhekov I.P., Muzychenko V.P. Edinyj kompleks ehksperimental'nykh i vychislitel'nykh sredstv, dlya issledovaniya dinamicheskikh kharakteristik kompozitnykh materialov [Tekst] / A.S. Vol'mir // Mekhanika kompozitnykh materialov. - 1987. - № 5. - S. 921-925.

М. Немеребаев, Т.Л. Аязбаев, П.М. Маликтаева, Ж.А. Шымыр*

Международный Таразский инновационный институт,

г. Тараз, Республика Казахстан.

*nemerebayev@mail.ru, ayazbaev.talgat@mail.ru, sakosh_78@mail.ru, shymyr.zhalel@gmail.com**

ДИНАМИКА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КАРКАСА

Аннотация.

Предусмотрен каркас, состоящий из стрингеров, состоящих из числа к, параллельных между собой, и L-кольцевых шпангоутов, расположенных на нем в ортогональной плоскости. Необходимо определить функцию действия частиц предварительно рассматриваемого каркаса и подробно рассчитано направление действующей на него силы, положение, при котором кольцо направлено касательной к средней линии шпангоута.

Для получения результата были проведены исследовательские работы по расчету тонкой цилиндрической пленки под действием предварительных свободных нагрузок, созданию матрицы ее ударной функции. В плоской цилиндрической пленке для решения этой задачи сначала вычисляют каркасную цилиндрическую оболочку только в том случае, если известны функции действия свободного от пленки каркаса.

Матрица функции действия плоской цилиндрической пленки может быть вычислена, если известны шесть ее основных элементов, физические значения которых представляют собой функции действия единичной силы: вертикальная (нормальная), восходящая и по окружности.

В данной работе определена функция динамической гибкости каркаса. Определялась исходя из примененных подходов к определению функций воздействия на динамическую пластичность каркаса.

Для определения функции динамической гибкости была получена необходимая система уравнений с использованием специальных подходов.

Ключевые слова. Динамика, функция, цилинр, каркас, гибкость, элемент, сила, направление.

T.L. Ayazbayev, M. Nemerebaev, P.M. Maliktaeva, Zh.A. Shymyr*
International Taraz Innovation Institute, Taraz, Republic of Kazakhstan.
*nemerebayev@mail.ru, ayazbaev.talgat@mail.ru, sakosh_78@mail.ru, shymyr.zhalel@gmail.com**

DYNAMICS OF THE CYLINDRICAL FRAME

Abstract.

A frame is provided consisting of stringers consisting of a number k, parallel to each other, and L-ring frames located on it in an orthogonal plane. It is necessary to determine the function of the action of the particles of the previously considered frame and calculate in detail the direction of the force acting on it, the position at which the ring is directed tangentially to the middle line of the frame.

To obtain the result, research was carried out on the calculation of a thin cylindrical film under the action of preliminary free loads, the creation of a matrix of its shock function. In a flat cylindrical film, to solve this problem, a frame cylindrical shell is first calculated only if the functions of the action of the film-free frame are known.

The matrix of the action function of a flat cylindrical film can be calculated if six of its main elements are known, the physical values of which are functions of the action of a single force: vertical (normal), ascending and circumferential.

In this paper, the dynamic flexibility function of the framework is defined. It was determined based on the applied approaches to determining the impact functions on the dynamic plasticity of the frame.

To determine the dynamic flexibility function, the necessary system of equations was obtained using special approaches.

Key words. Dynamics, function, cylinder, frame, flexibility, element, force, direction.