МЦЩЯНДИС ГУРЬУЛАРЫ ВЯ ИНШААТ КОСТРУКСИЙАЛАРЫ

К. М. МЯММЯДОВ, АЛИ МОЩЯММЯДИ

ДОК ТИПЛИ КАМЕРАНЫН ЧЕВИК ДИБ КОНСТРУКСИЙАСЫНЫН ЛЙОСВАРИ БАТАН ГРУНТЛАРДА СЯРБЯСТ РЯГСЛЯРИНИН ЩЕСАБЛАНМАСЫ

Дайаныгсыз структуралы лйосвари грунтлар мцхтялиф юлкялярин яразиляриндя эениш йайылмышдыр. Бир чох щалларда щидротехники, сянайе, мцлки вя няглиййат тикинтиляри дайаныгсыз структуралы, лйосвари батан, еляжя дя шишян эил грунтлары шяраитиндя инша едилир. Бу грунтларын ясас хцсусиййятляри ондан ибарятдир ки, тябии щалда онлар кифайят гядяр мющкямлийя малик олурлар. Лакин, су иля исландыгда онларын мющкямлик параметрляри жидди дяйишиклийя уьрайыр вя олдугжа бюйцк вя гейри мцнтязям диференсийа йаратмаг габилиййятиня малик олурлар [1].

Док типли камераларын лйосвари батан грунтларда чевик диб конструксийаларынын статики вя динамики тясирлярдя деформасийайа щесабланмасы мцрякккяб контакт мясялялярин щялли иля баьлыдыр.

Бу щяр шейдян яввял онунла баьлыдыр ки, лйосвари батан грунтларда тясадцфи исланма мяркязинин конструксийанын щансы щиссясиндя йерляшмясиндян асылы олараг бцнюврянин сяртлик ямсалы жидди дяйишиклийя уьрайыр. Одур ки, бцнювря грунтунун сяртлик ямсалы тяйин едилдикдя нямлянмянин ян ялверишсиз щалы нязяря алыныр.

Док типли камераларын чевик диб конструксийасынын узунлуьу бойунжа лйосвари батан грунтун сяртлик ямсалынын дяйишмяси ашаьыдакы шякилдя гябул олунур [1]:

$$K(x) = K_0 + (K_L - K_0)\frac{x^2}{L^2}, \qquad (1)$$

Бурада $K_0 = \alpha K_Л$ – лйосвари батан грунтун диб конструксийасынын сол уж кясийиндя сяртлик ямсалы ($x=0$ олдугда); $K_Л$- конструксийанын саь кянар кясийиндя бцнюврянин сяртлик ямсалы ($x=Л$ олдугда); α - бцнюврянин сыхылмасынын дяйишмя ямсалы, $\alpha = \frac{E_{min.}}{E_{max.}}$; $E_{мах.}$ вя $E_{мин.}$- гурьунун отуражаг контуру дахилиндя лйосвари батан грунтун максимум вя минимум деформасийа модулларыдыр.

Йухарыда эюстярилян (1) дцстурундан вя Фусс-Винклер моделиндян истифадя етмякля док типли камераларын чевик диб конструксийасынын лйосвари батан грунт бцнюврянин истянилян анда эюстярдийи реактив мцгавимяти ашаьыдакы ифадя иля тяйин едя билярик:

$$q_{qr.}(x,t) = -K(x)Y(x,t) = = -\left[K_0 + (K_L - K_0)\frac{x^2}{L^2}\right]Y(x,t), \qquad (2)$$

Бурада *Й(х,т)*- истянилян анда камеранын чевик диб конструксийасынын яйилмя рягсинин ординатыдыр.

(2) моделиндян истифадя етдикдя чевик диб конструксийасынын сярбяст яйилмя рягсляринин диференсиал тянлийи ашаьыдакы шякилдя йазыла биляр:

$$\frac{\partial^4 Y(x,t)}{\partial x^4} + (a_0 + a_1 x^2)Y(x,t) + + \overline{m}_{чев.}\frac{\partial^2 Y(x,t)}{\partial x^2} = 0, \qquad (3)$$

бурада,

$$\begin{cases} a_0 = \dfrac{K_0}{EJ}, [m^{-4}]; \quad a_1 = \dfrac{(K_L - K_0)}{L^2 EJ}, [m^{-6}]; \\ \overline{m}_{чев.} = \dfrac{m_{чев.}}{EJ} = \dfrac{m_{диб} + m_W}{EJ}, \quad [m^{-4} san^2] \end{cases} \qquad (4)$$

бурада *ЕЪ* - диб конструксийасынын яйилмя сяртлийи [$т.м^2$]; *Л*- диб конструксийасынын узунлуьу, $м_{диб.}$ - диб конструксиуасынын кцтляси $\left(m_{dib} = \frac{q_{dib}}{g} \right)$, $м_W$- камераны долдуран суйун кцтляси ($m_W = \frac{q_W}{g}$).

(3) диференсиал тянлийинин щяллини гурмаг цчцн Фурйе явязлямясиндян истифадя едяк. Бу щалда ахтарылан *Й(x,т)* функсиуасы ики функсийанын щасили шяклиндя гябул едилир, бунлардан бири йалныз *X*- дян, диэяри ися йалныз *т*- дян асылы олур:

$$Й(x,т) = X(x)T(т) \qquad (5)$$

(5) - и (3) - дя нязяря алсаг, йаза билярик:

$$\frac{X^{IV}(x) + \left(a_0 + a_1 x^2\right) X(x)}{\overline{m}_{чев.} X(x)} = -\frac{T''(t)}{T(t)} = \omega_n^2, \qquad (6)$$

(6) ифадяси ясасында ашаьыдакылары алырыг:

$$T''(t) + \omega_n^2 T(t) = 0; \qquad (7)$$

$$X^{IV}(x) - \psi(x) \cdot X(x) = 0. \qquad (8)$$

Бу ифадялярдя $\omega_н$ - сярбяст рягслярин тезлийидир *(сан$^{-1}$)*.

$$\psi(x) = \left(a_\omega - a_1 x^2\right), \qquad (9)$$

$$a_\omega = \omega_n^2 \overline{m}_{чев.} - a_0. \qquad (10)$$

(7) тянлийинин щяллини ашаьыдакы кими ифадя едирик:

$$T(t) = A_n \sin \omega_n t + B_n \cos \omega_n t, \qquad (11)$$

$А_н$ вя $Б_н$- ихтийари интеграл сабитляридир.

(8) диференсиал тянлийи чевик диб конструксийасынын лйосвари батан грунтларда яйилмя рягсляринин баш формасыны ифадя един. Бу тянлийин щяллини мювжуд тяхмини цсулларла гурмаг мцмкцндцр. Бахылан динамики контакт мясяля ашаьыдакы сярщяд шяртляриня маликдир:

$$X(0) = x_0; \; X'(0) = \theta_0;$$
$$X''(0) = \frac{M_0}{EJ}; \; X'''(0) = \frac{Q_0}{EJ}. \qquad (12)$$

(8) диференсиал тянлийини (12) сярщяд шяртляри дахилиндя дюрдгат интеграллasаг аларыг:

$$X(x) = x_0 + \theta_0 X + \frac{M_0}{EJ}\frac{x^2}{2!} \cdot \frac{Q_0}{EJ}\frac{x^3}{3!} + + \int_0^x \left(a_\omega - a_1 z^2\right) X(z) \frac{(x-z)^3}{3!} dz. \qquad (13)$$

Яэяр

$$X_0(x) = X_{сяр}(x) = X_0 + \theta_0 X + + \frac{M_0}{EJ}\frac{x^2}{2!} + \frac{Q_0}{EJ}\frac{x^3}{3!}, \qquad (14)$$

ишаря етсяк, бу щалда (13) интеграл тянлийини ашаьыдакы шякилдя йаза билярик:

$$X(x) = X_0(x) + + \int_0^x \left(a_\omega - a_1 z^2\right) X(z) \frac{(x-z)^3}{3!} dz. \qquad (15)$$

Динамики сярщяд функсийасы (14)-дян истифадя етмякля (15) интеграл тянлийинин щяллини Пикар ардыжыл йахынлашма цсулу иля гуруруг:

$$\begin{cases} X_0(x) = X_{сяр}(x) = X_0 + \theta_0 X + \\ + \dfrac{M_0}{EJ}\dfrac{x^2}{2!} + \dfrac{Q_0}{EJ}\dfrac{x^3}{3!}; \\ X_1(x) = X_0(x) + \\ + \int\limits_0^x \left(a_w - a_1 z^2\right) X_0(z) \dfrac{(x-z)^3}{3!} dz; \\ X_2(x) = X_0(x) + \\ + \int\limits_0^x \left(a_w - a_1 z^2\right) X_1(z) \dfrac{(x-z)^3}{3!} dz; \\ X_3(x) = X_0(x) + \\ + \int\limits_0^x \left(a_w - a_1 z^2\right) X_2(z) \dfrac{(x-z)^3}{3!} dz; \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ X_n(x) = X_0(x) + \\ + \int\limits_0^x \left(a_w - a_1 z^2\right) X_{n-1}(z) \dfrac{(x-z)^3}{3!} dz. \end{cases} \qquad (16)$$

Бу гайда иля тапылмыш щядди $X_н(x)$ функсийасында дюрд башланьыж параметрляря эюря функсийалары груплашдырсаг, бахылан динамики контакт мясялянин щяллини ашаьыдакы шякилдя аларыг:

$$\begin{aligned} X_n(x) &= X_0 Ф_1(x) + \theta_0 Ф_2(x) + \\ &+ \frac{M_0}{EJ} Ф_3(x) + \frac{Q_0}{EJ} Ф_4(x) \end{aligned} \qquad (17)$$

бурада $Ф_1(x)$, $Ф_2(x)$, $Ф_3(x)$вя $Ф_4(x)$ бахылан мясялянин бир-бириндян хятти асылы олмайан дюрд хцсуси щялли олуб, док типли камеранын грунт бцнювряйя сюйкянян чевик диб конструксийасынын яйилмя рягслярини ифадя едир. Бу функсийалар ашаьыдакы сонсуз сыраларын жями кими тяйин едилир:

$$\begin{aligned} Ф_1(x) &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_\omega^n + x^{4n}}{(4n)!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \times \\ &\times \frac{a_1^n + x^{6n}}{(6n)!} \left[1 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 8 \cdot \ldots \cdot (6n-5)(6n-4)\right] \times \\ &\times a_\omega \left[\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n + x^{6n+4}}{(6n+4)!} t_{1,n}\right] + \ldots; \end{aligned} \qquad (18)$$

$$\begin{aligned} Ф_2(x) &= x + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_\omega^n + x^{4n+1}}{(4n+1)!} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \times \\ &\times \frac{a_1^n + x^{6n+1}}{(6n+1)!} \left[2 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 9 \cdot \ldots \cdot (6n-4)(6n-3)\right] + \\ &+ a_\omega \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n + x^{6n+5}}{(6n+5)!} t_{2,n} + \ldots; \end{aligned} \qquad (19)$$

$$\begin{aligned} Ф_3(x) &= \frac{x^2}{2!} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_\omega^n + x^{4n+2}}{(4n+2)!} + \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n + x^{6n+2}}{(6n+2)!} \times \\ &\times \left[3 \cdot 4 \cdot 9 \cdot 10 \cdot \ldots \cdot (6n-3)(6n-2)\right] + \\ &+ a_\omega \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n + x^{6n+6}}{(6n+6)!} t_{3,n} + \ldots; \end{aligned} \qquad (20)$$

$$\begin{aligned} Ф_4(x) &= \frac{x^3}{3!} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_\omega^n + x^{4n+3}}{(4n+3)!} + \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n + x^{6n+3}}{(6n+3)!} \times \\ &\times \left[4 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 11 \cdot \ldots \cdot (6n-2)(6n-1)\right] + \\ &+ a_\omega \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_1^n + x^{6n+7}}{(6n+7)!} t_{4,n} + \ldots; \end{aligned} \qquad (21)$$

(18)-(21) ифадяляриндя $m_{и,н}$ $(и=1\ldots4)$ ямсаллары ашаьыдакылардыр:

$m_{1,н}=32;\ 4336;\ldots;$ $m_{3,н}=68;\ 13450;\ldots;$
$m_{2,н}=48;\ 7920;\ldots;$ $m_{4,н}=92;\ 21520;\ldots;$
(22)

Яйилмя рягсляринин баш формасы цчцн алынмыш (17) цмуми щяллиня ясасян док типли камеранын диб конструксийасынын ихтийари кясийиндя динамики дюнмя бужаьыны, яйижи моменти вя кясижи гцввяни тяйин етмяк цчцн ашаьыдакы щесаблама дцстурларыны алырыг:

$$\begin{cases} \theta_n(x) = X_0 \Phi_1'(x) + \theta_0 \Phi_2'(x) + \\ + \dfrac{M_0}{EJ}\Phi_3'(x) + \dfrac{Q_0}{EJ}\Phi_4'(x); \\ \dfrac{M_n(x)}{EJ} = X_0 \Phi_1''(x) + \theta_0 \Phi_2''(x) + + \\ \dfrac{M_0}{EJ}\Phi_3''(x) + \dfrac{Q_0}{EJ}\Phi_4''(x); \\ \dfrac{Q_n(x)}{EJ} = X_0 \Phi_1'''(x) + \theta_0 \Phi_2'''(x) + \\ + \dfrac{M_0}{EJ}\Phi_3'''(x) + \dfrac{Q_0}{EJ}\Phi_4'''(x). \end{cases} \qquad (23)$$

(11) вя (17) щялли ясасында диб конструксийасынын сярбяст яйилмя рягсляринин истянилян анда ихтийари кясикдя амплитудуну, дюнмя бужаьыны, яйижи моментини вя
кясижи гцвввяни тяйин етмяк цчцн ашаьыдакы щесаблама дцстурларыны алырыг:

$$\begin{cases} Y_n(x,t) = \sum\limits_{n=1}^{\infty}\left[X_0\Phi_1(x) + \theta_0\Phi_2(x) + \dfrac{M_0}{EJ}\times \right. \\ \left. \times\Phi_3(x) + \dfrac{Q_0}{EJ}\Phi_4(x)\right]\times(A_n \sin\omega_n t + B_n \cos\omega_n t); \\ \theta_n(x,t) = \sum\limits_{n=1}^{\infty}\left[X_0\Phi_1'(x) + \theta_0\Phi_2'(x) + \dfrac{M_0}{EJ}\Phi_3'(x) + \right. \\ \left. + \dfrac{Q_0}{EJ}\Phi_4'(x)\right](A_n \sin\omega_n t + B_n \cos\omega_n t); \\ \dfrac{M_n(x,t)}{EJ} = \sum\limits_{n=1}^{\infty}\left[X_0\Phi_1''(x) + \theta_0\Phi_2''(x) + \dfrac{M_0}{EJ}\Phi_3''(x) + \right. \\ \left. + \dfrac{Q_0}{EJ}\Phi_4''(x)\right](A_n \sin\omega_n t + B_n \cos\omega_n t); \\ \dfrac{Q_n(x,t)}{EJ} = \sum\limits_{n=1}^{\infty}\left[X_0\Phi_1'''(x) + \theta_0\Phi_2'''(x) + \dfrac{M_0}{EJ}\Phi_3'''(x) + \right. \\ \left. + \dfrac{Q_0}{EJ}\Phi_4'''(x)\right](A_n \sin\omega_n t + B_n \cos\omega_n t). \end{cases} \qquad (24)$$

(24) ифадяляриндя *Фь(x)* функсийаларынын илк цч тяртибдян тюрямяляри уйьун олараг (18)÷(21) функсийаларыны ардыжыл диференсиалламагла тапылыр. Эюрцндцйц кими *Фь(x)* функсийалары вя онун тюрямяляри сонсуз сыраларын жями кими тапылыр. Бу сыраларын сцрятиндя кичик параметрляр олан a_ω вя a_1 иштирак едир, мяхряжиндя ися артан факториал ядядляр мювжуддур. Бу да сыраларын жялд йыьылмасына шяраит йарадыр. Она эюря дя практики щесабламаларда щяр бир функсийанын вя еляжя дя онун тюрямялярини ифадялдяриндя биринжи 2-3 сыра иля мящдудлашмаг вя еляжя дя щяр сыранын 2-3 щядди иля гянаятлянмяк олар.

(24) дцстурларынын биринжисиня ясасян диб конструксийасынын нюгтяляринин йердяйишмяси сцряти ашаьыдакы кими тяйин едилир:

$$V_n(x,t) = \frac{\partial Y_n(x,t)}{\partial t} = \qquad (25)$$
$$= \sum_{n=1}^{\infty}\omega_n X_n(x)(A_n \cos\omega_n t - B_n \sin\omega_n t).$$

Диб конструксийасынын яйилмя рягсляринин баш формасынын диференсиал тянлийинин гурулмуш цмуми щялли (17) ясасында практикада тясадцф олунан ашаьыдакы хцсуси щала бахаг.

Фярз едяк ки, бцнювря грунтунун сяртлик ямсалы док камеранын диб конструксийасынын узунлуьу бойунжа сабит вя йа интеграл-орта гиймятя маликдир, бу щалда:

$$\begin{cases} K(x) = K_{ort.} = \dfrac{1}{L}\int\limits_0^L\left[K_0 + (K_L - \right. \\ \left. - K_0)\dfrac{x^2}{L^2}\right]dx = \dfrac{2K_0 + K_L}{3}; \\ a_0 = \dfrac{K_{ort.}}{EJ} = \dfrac{2K_0 + K_L}{3EJ};\ a_1 = 0; \\ \psi(x) = \psi_0 = a_\omega = \dfrac{\omega_n^2 \overline{m}_{чев.} - K_{ort,}}{EJ}. \end{cases} \qquad (26)$$

Бу шяртляри нязяря алдыгда (17) щяллинин (18)÷(21) функсийалары уйьун олараг ашаьыдакы шякилдя йазылыр [2]:

$$\begin{cases} \Phi_1(x) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_\omega^n x^{4n}}{4!} = \\ = \frac{1}{2}(ch\alpha x + \cos\alpha x); \\ \Phi_2(x) = x + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_\omega^n x^{4n+1}}{(4n+1)!} = \\ = \frac{1}{2\alpha}(sh\alpha x + \sin\alpha x); \\ \Phi_3(x) = \frac{x^2}{2!} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_\omega^n x^{4n+2}}{(4n+2)!} = \end{cases} \quad (27)$$

$$\begin{cases} = \frac{1}{2\alpha^2}(ch\alpha x + \cos\alpha x); \\ \Phi_4(x) = \frac{x^3}{3!} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_\omega^n x^{4n+3}}{(4n+3)!} = \\ = \frac{1}{2\alpha^3}(sh\alpha x + \sin\alpha x), \end{cases} \quad (27)$$

бурада,

$$\alpha = \sqrt[4]{a_\omega} = \sqrt[4]{\frac{\omega_n^2 \overline{m}_{чев.} - K_{ort.}}{EJ}} \quad (28)$$

Бунлары нязяря алараг, (17) щялли-ни ашаьыдакы кими йазмаг олар:

$$X_n(x) = X_0 f_1(\alpha x) + \frac{\theta_0}{\alpha} f_2(\alpha x) + \\ + \frac{M_0}{\alpha^2 EJ} f_3(\alpha x) + \frac{Q_0}{\alpha^3 EJ} f_4(\alpha x). \quad (29)$$

Сонунжу дцстурда $ф_ъ(\alpha x)$ ашаьыдакы-лардар:

$$\begin{cases} f_1(\alpha x) = \frac{1}{2}(ch\alpha x + \cos\alpha x); \\ f_2(\alpha x) = \frac{1}{2}(sh\alpha x + \sin\alpha x); \\ _3(\alpha x) = \frac{1}{2}(ch\alpha x + \cos\alpha x); \\ f_4(\alpha x) = \frac{1}{2}(sh\alpha x + \sin\alpha x). \end{cases} \quad (30)$$

(29)-(30) хцсуси щалдакы щяллиндян истифадя етмякля яйилмя рягсляринин тезлийини тапмаг цчцн тянлик алмаг олар. (29) щяллиня дюрд башланьыж параметр X_0, θ_0, M_0 вя $Г_0$ дахилдир. Бу параметрлярдян икиси бахылан динамики контакт мясяляляр щазырлымыг цчцн щямишя мялумдур. Диэяр икисини тапмаг цчцн ися бахылан мясялянин сярщяд шяртляриндян истифадя едяряк хятти тянлик системи гурмаг олар. Бу хятти тянлик системинин мяжщул параметрляря дахил олан ямсалларындан тяртиб едилмиш детерминанты сыфыра бярабяр етмякля тезлик тянлийини алмаг олар.

Яввялжя диб конструксийасынын ихтийари кясийиндяки дюнмя бужаьыны $\theta_н(x)$, яйижи моменти, $M_н(x)$ вя кясижи гцввяни $Г_н(x)$ тяйин ктмяк цчцн (29) щялли ясасында щесаблама дцстурлары ала билярик:

$$\begin{cases} \frac{\theta_n(x)}{\alpha} = x_0 f_4(\alpha x) + \frac{\theta_0}{\alpha} f_1(\alpha x) + \\ + \frac{M_0}{\alpha^2 EJ} f_2(\alpha x) + \frac{Q_0}{\alpha^3 EJ} f_3(\alpha x); \\ \frac{M_n(x)}{\alpha^2 EJ} = x_0 f_3(\alpha x) + \frac{\theta_0}{\alpha} f_4(\alpha x) + \\ + \frac{M_0}{\alpha^2 EJ} f_1(\alpha x) + \frac{Q_0}{\alpha^3 EJ} f_2(\alpha x); \\ \frac{Q_n(x)}{\alpha^3 EJ} = x_0 f_2(\alpha x) + \frac{\theta_0}{\alpha} f_3(\alpha x) + \\ + \frac{M_0}{\alpha^2 EJ} f_4(\alpha x) + \frac{Q_0}{\alpha^3 EJ} f_1(\alpha x). \end{cases} \quad (31)$$

Алынмыш (29)-(31) щялляри ясасындан док типли камеранын чевик диб конструксийасынын яйилмя рягсляринин тезлийинин тапылмасы мясялясиня бахаг:

1. Фярз етсяк ки, камеранын чевик диб конструксийасынын щяр ики уж кясийи грунт бцнювряйя сярбяст отурур, бу щалда:

$$X_0 \neq 0; \ \theta \neq 0; \ M_0 = 0; \ Г = 0;$$
$$M_н(Л) = 0; \ Г_н(Л) = 0.$$

Бу шяртляри нязяря алдыгда (31) ифадяляринин сонунжу ики сятриня ясасян йаза билярик:

$$D = \begin{vmatrix} f_3(\alpha L) & f_4(\alpha L) \\ f_2(\alpha L) & f_3(\alpha L) \end{vmatrix} = 0 \quad (32)$$

Алынмыш детерминанты ачыб садяляшдирсяк, аларыг:

$$ch\alpha L \cdot \cos\alpha L = 1. \quad (33)$$

Бу трансендент тянлийин кюкц ашаьыдакылардыр:

$$\begin{aligned} &(\alpha L)_1 = 4{,}73; \quad (\alpha L)_2 = 7{,}8532; \\ &(\alpha L)_3 = 10{,}996; \quad (\alpha L)_4 = 14{,}137; \\ &n > 4\ olduqda \qquad (\alpha L)_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\pi. \end{aligned} \tag{34}$$

(28) ифадясини нязяря алдыгда чевик диб конструксийасынын сярбяст йайилмя рягсляринин тезлийини тапмаг цчцн ашаьыдакы дцстурлары аларыг:

$$\begin{cases} \omega_1 = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{\text{чев.}}} + 500{,}547\dfrac{EJ}{m_{\text{чев.}}L^4}}; \\ \omega_2 = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{\text{чев.}}} + 3803{,}53\dfrac{EJ}{m_{\text{чев.}}L^4}}; \\ \omega_3 = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{\text{чев.}}} + 14619{,}7\dfrac{EJ}{m_{\text{чев.}}L^4}}; \\ \omega_4 = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{\text{чев.}}} + 39941{,}9\dfrac{EJ}{m_{\text{чев.}}L^4}}; \\ \qquad n > 4\ olduqda \\ \omega_n = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{\text{чев.}}} + \dfrac{EJ}{m_{\text{чев.}}L^4}\pi^4\left(n + \dfrac{1}{2}\right)^4}. \end{cases} \tag{35}$$

2. Чевик диб конструксийасы сон уж кясикляриндя шарнир дайаглара сюйкянир. Бу щалда:

$$X=0; \quad \theta \neq 0; \quad M_0=0; \quad \Gamma_0 \neq 0;$$
$$X_{\text{н}}(\text{Л})=0; \; M_{\text{н}}(\text{Л})=0;$$

(31) щяллиндя бу шяртляри нязяря алсаг, аларыг:

$$su\varphi\alpha L \cdot scu\varphi\alpha L = 0 \tag{36}$$

$su\varphi\alpha L \neq 0$ олдуьундан

$$su\text{н}\alpha L = 0,$$

алырыг. Бурадан да $(\alpha \text{Л})_{\text{н}} = \pi \text{н}$ вя диб конструксийасынын лйосвари батан грунт бцнюврядя тезлик спектрини ашаьыдакы кими тяйин едирик:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{2K_0 + K_L}{3m_{\text{чев.}}} + \frac{EJ}{m_{\text{чев.}}}\frac{\pi^4 n^4}{L^4}}$$

3. Док типли камеранын чевик диб конструксийасы сол уж кясикдя мцтляг сярт баьланмышдыр, саь уж кясийи ися шарнир дайаьа сюйкянир, йяни:

$$X=0; \quad \theta=0; \quad M_0 \neq 0; \quad \Gamma_0 \neq 0;$$
$$X_{\text{н}}(\text{Л})=0; \; M_{\text{н}}(\text{Л})=0.$$

(31) щесаблама дцстурларына вя (28) шяртиня ясасян лйосвари батан грунтларда док типли камеранын чевик диб конструксийасынын сярбяст йайилмя рягсляринин тезлик тянлийини ашаьыдакы шякилдя алырыг:

$$th\alpha L = tg\alpha L. \tag{38}$$

Бу трансендент тянлийин кюкляри ашаьыдакы кимидир:

$$\begin{aligned} &(\alpha L)_1 = 3{,}927; \quad (\alpha L)_2 = 7{,}068; \\ &n > 2\ \text{олдугда ися}\ (\alpha L)_n = \frac{4n+1}{4}\pi \end{aligned}$$

(28) ифадясини нязяря алмагла тезлик спектрини ашаьыдакы ифадялярля тяйин едирик:

$$\begin{cases} \omega_1 = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{\text{чев.}}} + 237{,}817\dfrac{EJ}{m_{\text{чев.}}L^4}}; \\ \omega_2 = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{\text{чев.}}} + 2495{,}66\dfrac{EJ}{m_{\text{чев.}}L^4}}; \\ \qquad n > 4\ olduqda \\ \omega_n = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{\text{чев.}}} +^4\left(n + \dfrac{1}{4}\right)^4\dfrac{\pi^4}{L^4}\dfrac{EJ}{m_{\text{чев.}}}}. \end{cases} \tag{39}$$

4. Камеранын чевик диб конструксийасы саь уж кясикдя сярт баьланыб, сол уж кясикдя ися лйосвари батан бцнювряйя сярбяст отурмушдур, йяни:

$$x_0 \neq 0; \; \theta_0 \neq 0; \; M_0=0; \; \Gamma_0=0;$$
$$X_{\text{н}}(\text{Л})=0; \; \Gamma_{\text{н}}(\text{Л})=0$$

(31) ифадяляриня ясасян тезлик тянлийини ашаьыдакы кими алырыг:

(37)

$$\text{жщ}\,\alpha\text{Л}\cdot\text{жос}\,\alpha\text{Л} = -1 \tag{40}$$

Бу тянлийин кюкляри ашаьыдакы кими тяйин едилир:

$$\begin{cases} (\alpha L)_1 = 1{,}8751; \quad (\alpha L)_2 = 4{,}6941; \\ (\alpha L)_3 = 7{,}855; \quad (\alpha L)_4 = 10{,}996; \\ n > 4 \ \ \text{олдугда ися} (\alpha L)_{n+1} = \left(n + \dfrac{1}{2}\right) \cdot \pi . \end{cases} \qquad (41)$$

(28) ифадясини нязяря алсаг, тезлик спектрини тяйин етмяк цчцн ашаьыдакы дцстуру аларыг:

$$\left\{ \omega_1 = \sqrt{\frac{2K_0 + K_L}{3m_{чев.}} + 12{,}3623 \frac{EJ}{m_{чев.} L^4}}; \right. \qquad (42)$$

$$\begin{cases} \omega_2 = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{чев.}} + 485{,}552 \dfrac{EJ}{m_{чев.} L^4}}; \\ \omega_3 = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{чев.}} + 3807{,}02 \dfrac{EJ}{m_{чев.} L^4}}; \\ \omega_4 = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{чев.}} + 14619{,}7 \dfrac{EJ}{m_{чев.} L^4}}; \\ \quad n > 4 \ \text{olduqda} \\ \omega_{n+1} = \sqrt{\dfrac{2K_0 + K_L}{3m_{чев.}} + \dfrac{EJ \cdot \pi^4}{m_{чев.} L^4} \left(n + \dfrac{1}{2}\right)^4}. \end{cases} \qquad (42)$$

Бу гайда иля чевик диб конструксийасыны лйосвари батан грунтларда диэяр сярщяд шяртляриндя дя (31) дцстурлары ясасында тезлик тянликлярини алмаг олар вя буна уйьун да сярбяст яйилмя рягсляринин тезликлярини вя тезлик спектрини тяйин етмяк мцмкцндцр.

ЯДЯБИЙЙАТ

1. А.А. Мустафаев. Фундаменты на просадочных и набухающих грунтах. Москва ″ Высшая школа″. 1989.
2. И.Н.Бронштейн, К.А.Семендяев. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М., ″Наука″. 1981.

К вопросу расчета свободных изгибных колебаний днища доковых камер на лессовых просадочных грунтовых осонованиях

РЕЗЮМЕ

В статье рассматривается расчет свободных изгибных колебаний гибких днищ доковых камер с учетом случайного увлажнениях лессового просадочного основания.

Исходя из модели Фусса-Винклера, характеризуемой параболического нелинейного изменения коэффициента жесткости лессового просадочного грунта в переделах гибкого днища, контактная задача по определению свободных изгибных колебаний сводиться к обыкновенному линейному однородному дифференциальному уравнению четвертого порядка в частных производных. Использую разделения переменных по Фурье и принимая во внимание динамической краевой функции решение динамической контактной задачи реализовано методом последовательных приближений по Пикару. В результате получено полное решение дифференциального уравнения главной формы изгибных колебаний, выраженных

в перемешенных и усилиях.

Получено так же решение рассматриваемой задачи для интегрально-среднего значения коэффициента жесткости лессового просадочного грунта и на основании этого решения получены для различных граничных условий задачи уравнения частоты о так же необходимое спектры частот свободных изгибных колебаний.

К.М. Мамедов, Али Мохаммеди
АШКАН, САФАР, ХОДАБАНДЕЛУ

О ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДА МАТРИЧНОЙ ФАКТОРИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ УСТОЙЧИВОСТИ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ

Askhan, Safar, KhodaBandehLou

Doctor of Philosophy of Technical Sciences
Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Иslamic Azad University,
Iran, Urmia Branch, Email: ashkan72 @ rambler.ru

С учетом обозначений, принятых в [1], система уравнений устойчивости пологих оболочек вращения в матричной форме имеет вид

$$Y'' + HY' + GY = 0. \qquad (1)$$

Причем H и G – квадратные матрицы 4-го порядка.

$$H = \begin{vmatrix} \frac{r_o'}{r_o} & 0 & -\left(k_{22} - k_{11} + a_{22}^0 - a_{11}^0\right)\frac{r_o'}{r_o} & 0 \\ 0 & \frac{r_o'}{r_o} & \left(t_{22}^0 - t_{11}^0\right)\frac{r_o'}{r_o} & \left(k_{22} - k_{11} + a_{22}^0 - a_{11}^0\right)\frac{r_o'}{r_o} \\ 0 & 0 & \frac{r_o'}{r_o} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{r_o'}{r_o} \end{vmatrix}$$

$$G = \begin{vmatrix} \frac{k^2}{r_0^2} & k_{11} + a_{22}^0 & \left(k_{22} - k_{11} + a_{22}^0 - a_{11}^0\right)\frac{k^2}{r^2{}_o} & 0 \\ k_{22} - a_{22}^0 & t_{11}^0 - \frac{k^2}{r_0^2} & \left(t_{11}^0 - t_{22}^0\right)\frac{k^2}{r_0^2} & -\left(k_{22} - k_{11} + a_{22}^0 - a_{11}^0\right)\frac{k^2}{r_0^2} \\ 0 & -1 & -\frac{k^2}{r_0^2} & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -\frac{k^2}{r_0^2} \end{vmatrix}$$

Где $r_0, k_{ii}, \alpha_{ii}{}^0, t_{ii}{}^0$ – согласно [1] безразмерные величины, характеризующие соответственно кривизны оболочки, докритические изменения кривизн, усилия исходного состояния.

Й= {Φ, X, V,Ψ}- 4 мерный вектор.

Вместо вектора-столбца Й введем 8-мерный вектор-столбец $U = \{Y, Y'\}$.Тогда система уравнений устойчивости (1) примет следующий вид:

$$U' = AU\bullet \qquad (3)$$

Блочная матрица A 8-го порядка имеет структуру

$$A = \begin{bmatrix} 0 & E \\ -G & -H \end{bmatrix}\bullet \qquad (4)$$

Общее решение системы (3) записывается в виде:

$$U = \Omega_{x_\bullet}^x(A) \cdot C, \qquad (5)$$

где C – 8 - мерный столбец-константа $\Omega_{x_\bullet}^x(A)$ – нормированное решение системы (3) или [3] матрицант, представимый в виде сходящегося матричного ряда

$$\Omega_{x_\bullet}^x(A) = E + \int_{x_0}^{x} Adx + \int_{x_0}^{x} Adx + \int_{x_0}^{x} Adx + ... \quad (6)$$

Разобьем интервал интегрирования системы (3) на m частей и полагая в пределах каждого участка разбиения матрицу А постоянной, с учетом свойств матрицанта ([3] стр. 431), получим:

$$\Omega_{x_0}^{x_1}(A) = e^{A} m^{\Delta x} m \cdot e^{A} m - \\ -1^{\Delta x} m - 1 .... \cdot e^{A_0 \, \Delta x_0} \quad (7)$$

Далее, разлагая в ряд Маклорена выражения вида $e^{A} k^{\Delta x} k$, можем записать:

$$e^{A} k^{\Delta x} k = E + \frac{A_k \Delta x_k}{1!} + ... + \frac{A_k^s \Delta x_k^s}{s!} + ... \quad (8)$$

Если оборвать ряд (8) на c-члене, то с учетом **(7),**

$$\Omega_{x_\bullet}^{x}(A) = \Pi_m \cdot \Pi_{m-1....} \cdot \Pi_0. \quad (9)$$

Через Π_1 обозначены матричные многочлены вида:

$$\Pi_i = E + \frac{A_i \Delta x_i}{1!} + ... + \frac{A_i^s \Delta x_i^s}{s!} \quad (10)$$

Таким образом, формула (б) заменена приближенным выражением (9). Анализируя формулы (6) — (9), можно сделать вывод, что в (9) имеется два источника погрешности, связанные соответственно с формулой (7) и аппроксимацией матричной экспоненты полиномом (10). Рассмотрим каждый случай отдельно и оценим погрешность, вносимую при этом в формулу (9).

Погрешность, связанная с заменой матриканта на матричную экспоненту. Обозначим через Δx некоторый интервал разбиения отрезка интегрирования и разложим матрицу A в ряд по Δx .

$$A = A_0 + A_0' \Delta x + ... + \frac{A_0^{(k)} \Delta x^k}{k!} = A_0 + \widetilde{A}.$$

Согласно [3],

$$\Omega_0^{\Delta x}\left(A_0 + \widetilde{A}\right) = e^{A_0 \Delta x}\, \Omega_0^{\Delta x}(S),$$

где $s = e^{-A_0 \Delta x} A e^{A_0 \Delta x}$ – квадратная матрица 8-го порядка. Введем в рассмотрение матрицу относительной погрешности

$$M = \left[\Omega_0^{\Delta x}(A) - \Omega_0^{\Delta x}(A_0)\right]\Omega_0^{\Delta x}(A)^{-1} = \\ = \left[\Omega_0^{\Delta x}(S) - E\right]\Omega_0^{\Delta x}(S)^{-1.} \quad (11)$$

Для спектральной нормы матрицы M имеем [4]

$$|\mu_n| \le \|M\|, \quad (12)$$

где μ_n – максимальное по модулю характеристическое число матрицы M. Если λ_1 . – собственные числа матрицы $\Omega_0^{\Delta x}(S)$, то

$$|\mu_n| = \max_i \left|\frac{\lambda_i - 1}{\lambda_i}\right| \ge \max_i \left|\frac{|\lambda_i| - 1}{\lambda_i}\right| = \left|\frac{|\lambda_1| - 1}{\lambda_1}\right|,$$

где λ_1 – минимальный по модулю корень характеристического многочлена матрицы $\Omega_0^{\Delta x}(S)$.

Справедливо следующее неравенство

$$|\lambda_1| \le \sqrt[n]{d}, \quad d = \left|\det \Omega_0^{\Delta x}(S)\right|, \quad (14)$$

n — порядок матрицы. По формуле Якоби ([3] стр. 431)

$$d = \exp \int_0^{\Delta x} Sp(S)dx = \exp \int_0^{\Delta x} Sp(\widetilde{A})\, dx, \quad (15)$$

так как следы матриц c и $\widetilde{A}$ совпадают вследствие их подобия. Исходя из конкретной структуры матрицы (см. (2)), имеем:

$$Sp(\widetilde{A}) = 4\left(\frac{r_o'(x)}{r_o(x)} - \frac{r_o'(\zeta)}{r_o(\zeta)}\right) = \\ = 4\big(u(x) - u(\zeta)\big) = 4u'(\eta) \cdot \eta, \quad (16)$$

где $|\varsigma| \le \Delta x, |\eta| \le \Delta x$. Используя в (15) теорему о среднем, получаем:

$$d = \exp 4u'(x) \cdot x \cdot \Delta x \le \exp 4u'(x) \Delta x^2 \quad (17) \\ x \le \Delta x$$

Следовательно,

$$|\lambda \min| \le \exp \frac{\max u'(x) \Delta x^2}{2} = \exp \gamma.$$

Откуда для $\|M\|$ получаем нижнюю оценку:

$$\|M\| \geq \frac{|1-exp\,\gamma|}{exp\,\gamma}. \qquad (18)$$

Из (6) можно установить следующие неравенства:

$$\left\|\Omega_0^{\Delta x}(S)\right\| \leq 1 + \left\|\int_0^{\Delta x} S dx\right\| + \left\|\int_0^{\Delta x} S dx \int_0^{\Delta x} S dx\right\| + \ldots \leq exp\int_0^{\Delta x}\|S\|dx, \qquad (19)$$

$$\left\|\Omega_0^{\Delta x}(S) - E\right\| \leq exp\int_0^{\Delta x}\|S\| - 1,$$

Далее так как $\Omega_0^{\Delta x}(S) = \lim\limits_{m\to\infty}\prod\limits_{i=0}^{m} e - S_i^{\Delta x}$, то

$$\Omega_0^{\Delta x}(S)^{-1} \leq \lim_{m\to\infty}\prod_{i=0}^{\infty}\left\|e^{S_i\Delta x}\right\| \leq exp\int_0^{\Delta x}\|S\|\,dx,$$

Таким образом, для верхней границы $\|M\|$ получаем:

$$\|M\| \leq exp\int_0^{\Delta x}\|S\|\,dx\left(exp\int_0^{\Delta x}\|S\|\,dx - 1\right).$$

И так как норма матриц не меняется при преобразованиях подобия

$$\|M\| \leq exp\int_0^{\Delta x}\left\|\tilde{A}\right\|dx \times \left(exp\int_0^{\Delta x}\left\|\tilde{A}\right\|dx - 1\right) \approx \|A'(\zeta)\|\Delta x^2 \qquad (20)$$

$$0 \leq \zeta \leq \Delta x.$$

Погрешность, связанная с аппроксимацией матричной экспоненты матричным полиномом. Пусть λ_i – характеристические числа матрицы *A*. Тогда

$$det\left(e^{-A}\right) = e^{-sPA}. \qquad (21)$$

По определению [4]

$$\|A\| = \max\sqrt{\sigma_{i,}} \qquad (22)$$

σ_1 — характеристические числа матрицы

$$H = A^*A = {}^*A^T A. \quad det(H) = det^2(A).$$

Очевидно, что

$$\sigma\max \geq \sqrt[n]{\det(H)} \qquad (23)$$

Неравенство (23) имеет место для любой матрицы. Матрица относительной погрешности в данном случае имеет вид где

$$\Gamma = R_{k+1}e^{-A\Delta x},$$

$$R_{k+1} = \frac{A_0^{k+1}\Delta x^{k+1}}{(k+1))\,!} + \ldots = \frac{A_0^{k+1}e^{A(\zeta)\cdot\zeta}}{(k+1))!}\zeta^{k+1}, \qquad (24)$$

$$\zeta \leq \Delta x.$$

Следовательно

$$det(\Gamma) = \frac{det^{k+1}(A_0)e^{sPA(\zeta)\zeta}}{(k+1)!}\zeta^{k+1}\cdot e^{-sPA_0\Delta x}$$

$$\|\Gamma\| \geq |det(\Gamma)|^{\frac{1}{n}} \geq \left(\frac{det^{k+1}(A)\zeta^{k+1}}{(k+1)!}\right)^{\frac{1}{n}} \qquad (25)$$

Для получения верхней границы $\|\Gamma\|$ воспользуемся последовательностью очевидных неравенств:

$$\|\Gamma\| \leq \|R_{k+1}\|\cdot\left\|e^{-A_0\Delta x}\right\| \leq$$

$$\leq \frac{\|A_0\|^{k+1}e^{\|A(\zeta)\|\zeta + \|A_0\|\Delta x}}{(k+1)!}\zeta^{k+1}, \qquad (26)$$

$$\frac{\|A\|^{k+1}e^{2\|A\|\Delta x}}{(k+1)!}\Delta x^{k+1}.$$

Исследуемая в данной работе схема предложена Ф.Р.Гантмахером [3]. Применительно к задачам теории оболочек описанный алгоритм использован в [2], причем во всех случаях матричная экспонента приближается линейным многочленом вида (10). Анализ выражений (20) и (26) позволяет сделать следующие выводы:

1. Погрешность, вносимая при вычислении матриצанта за счет линейной аппроксимации матричной экспоненты, значительно превышает погрешность, обусловленную формулой (7). В частности, при Δx:=0,25, полагая $\|A'\| \cong 0{,}1$, $\|A\| \cong 2{,}8$ (что справедливо для подавляющего большинства задач теории оболочек), получим для верхней гра-

ницы $\|M\|$ и $\|\Gamma\|$ соответственно: 0.00625 и 0.06.

Для того, чтобы погрешности были одного порядка, необходимо в формулах (9) и (10) удержать как минимум 2 члена при условии (28).

2. Авторами работы [2] отмечена крайне медленная сходимость численной схемы при линейном приближении в формуле (8). С практической точки зрения при расчетах на ЭВМ целесообразней повысить степень полинома (10), нежели прибегать к значительному уменьшению Δx.
3. Для сходимости описанного алгоритма необходимо, чтобы $\Delta x << 1$, [1-7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Григолюк Э.И., Липовцев Ю.В. Локальная устойчивость упругих оболочек вращения. - „Инженерный журнал", МТТ, № 6, 1968.
2. Алфутов Н.А., Клюев Ю.И., Трофимов В.В. Устойчивость кругового кольца при существенно несимметричном нагружении. - Тр. VIIЫ Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластин. Ростовна-Дону, 1971.
3. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М., „Наука", 1967.
4. Фадеев Д. К., Фадеева В. Н. Вычислительные методы линейной алгебры. М., „Наука", 1963.
5. Асщкан Сафар КщодаБандещЛоу, ″А Студй оф Тще Ажтион оф Тще Беам анд Беамлесс (Флат) Флоор Слабс оф Тще Мултисторей Буилдинэс″, Ынтернатионал ъоурнал фор Жомпутатиона Живил анд Стружтурал Енэинееринэ, Мосжоw, Руссиа, В.3, №2,2007,пп: 20-28.
6. Сейфуллайев Кщ.Г. ″То Солутион оф Егуатионс оф Тщеорй оф Плане Жоверинэс оф Тще Вариабле Тщижкнесс анд Журратуре Ундер Арбитарй Боундарй Жондитионс″ Апплиед Межщанижс, Мосжоw, Руссиа, Едитион ХВЫ, № 10, 1980, пп: 47-53.
7. Ашкан Сафар ХодаБанделу, ″О Больших Прогибах Пологих Панелей, Прямоугольных в Плане″ Теоретическая и приклодная механика. Межвузовский научно-Технический журнал, Т. ЫЫЫ, № 3(11), Баку, Азербайджан, 2008, стр: 70-77.

ABÜLFƏZL NƏZƏRI GIGLOU

Abolfazl Nazari Giglou, Islamic Azad University of Parsabad Moghan Branch
E-mail: a.nazari.g@iaupmogan.ac.ir

БИРКАМЕРАЛЫ DУРУЛДУЖУНУН ÇЕВИК DИБ КОНСТРУКСИЙАСЫНЫН DЯЙИШЯН QАЛЫНЛЫГЛЫ SОНЛУ QРУНТ ТЯБЯГЯДЯ SЯРБЯСТ ЯЙИЛМЯ RЯГСЛЯРИНИН НЕСАБЛАНМА ÜСУЛУ

Xülasə

Baxılan dinamiki kontakt məsələ dəyişən qalınlıqlı sonlu sıxılan təbəqədə dok tipli

durulducu kamerasının dib konstruksiyasının sərbəst əyilmə rəqslərini hesablamağa imkan verir. Sıxılmayan təbəqəyə söykənən sıxılan qrunt təbəqəsinin sərtlik əmsalı konstruksiyanın uzunluqu boyunca qeyri -xətti qanunla qəbul edilir. Dinamiki kontakt məsələnin həlli furye əvəzləməsindən istifadə edilməklə və dinamiki sərhəd funksiyasını qəbul etməklə həll edilmişdir. Burada Pikar ardıcıl yaxınlaşma üsulundan istifadə etməklə dib konstruksiyasının sərbəst rəqslərinin baş formasının diferensial tənliyinin həlli qurulmuşdur. Qurulmuş həll dib konstruksiyasının istənilən anda sərbəst əyilmə rəqslərini təyin etməyə və həmçinin rəqslərin tezliyini tapmaqa (hesablamaqa) imkan verir.

Дурулдужу камерасынын чевик диб конструксийасынын узунлуьу бойунжа сыхылан грунт тябягясинин галынлыьы солдан-саьа доьру хятти ганунла (трапесвари) дяйишир. Диб конструксийасынынбашланьыж кясийиндя сонлу грунт тябягясинин галынлыьы *Щ₀*, сон кясийиндя ися *Щ_Л*- дир. Беля тябягядя сыхылан гррунт бцнюврянин сяртлик ямсалы грунтун деформасийа модулундан E_0, диб конструксийасынынссон ямсалыны характеризя едян параметрдян $A(\mu_0)$, диб конструксийасынын щесаби ениндян $б_щ$ вя хятти ганунла дяйишян бцнювря грунтунун галынлыьындан- $Щ(x)$ асылы олараг ашаьыдакы дцстурла тяйин едилир:

$$K(x)=\frac{A(\mu_0)b_hE_0}{H(x)}.\frac{A(\mu_0)b_hE_0}{H_0(1+\beta x)}, \qquad (1)$$

бурада

$$\beta=\frac{H_L-H_0}{H_0\cdot L},\ \left[m^{-1}\right],$$

$$A(\mu_0)=\frac{1-2\mu_0+0{,}5\mu_0^2}{(1-\mu_0^2)(1-2\mu_0)}\mu_0^2. \qquad (2)$$

(1) ифадясиндя $\varphi(x)=\dfrac{1}{1+\beta x}$ функсийасыны Маклерон сырасына айрылыб онун илк цч щядди иля кифайятлянсяк, сонлу дяйишян галынлыглы бцнюврянин сяртлик ямсалыны тяйин етмяк цчцн ашаьыдакы дцстуру аларыг:

$$K(x)=\frac{A(\mu_0)b_hE_0}{H_0}=\left(1-\beta x+\beta^2x^2\right) \qquad (3)$$

Фусс-Винклер моделиндян истифадя едяряк чевик диб конструксийасынын сярбяст яйилмя рягсляриня гаршы дяйишян галынлыглы грунт бцнюврянин эюстярдийи реактив мцгавимятин интенсивлийини ашаьыдакы ифадя иля тяйин едя билярик.

$$\begin{aligned} q_{qr.}(x,t)&=-K(x)\cdot Y(x,t)=\\ &=-\frac{A(\mu_0)b_hE_0}{H_0}\left(1-\beta x+\beta^2x^2\right)Y(x,t). \end{aligned} \qquad (4)$$

(4) моделиндян истифадя етдикдя биркамералы дурулдужунун чевик диб конструксийасынын хятти дяйишян галынлыглы грунт бцнюврядя сярбяст рягсляринин диференсиал тянлийини ашаьыдакы кими ифадя едирик:

$$\begin{aligned} &EJ\,\frac{\partial^4Y(x,t)}{dx^4}+\frac{A(\mu_0)b_hE_0}{H_0}\cdot\\ &\left(1-\beta x+\beta^2x^2\right)Y(x,t)+m_{чев.}\frac{\partial^2Y(x,t)}{dt^2}=0. \end{aligned} \qquad (5)$$

(5) тянлийинин бцтцн щядлярини диб конструксийасынын сабит яйилмя сяртлийиня бюлсяк вя ашаьыдакы ишарялянмяляри гябул етсяк, (6) тянлийинин бцтцн щядлярини *ЕЪ*-йя бюлсяк вя ашаьыдакы ишарялянмяляри гябул етсяк,

$$\begin{cases} a_0=\dfrac{A(\mu_0)b_hE_0}{H_0EJ},\ \left[m^{-4}\right],\\ a_1=\dfrac{A(\mu_0)b_hE_0\beta}{H_0EJ}=a_0\beta,\ \left[m^{-5}\right],\\ a_2=\dfrac{A(\mu_0)b_hE_0\beta^2}{H_0EJ}=a_0\beta^2,\ \left[m^{-6}\right],\\ \overline{m}_{чев.}=\dfrac{\overline{m}_{чев.}}{EJ}=\dfrac{m_{dib.}+m_W+m_\ell}{EJ},\ \left[san^2m^{-4}\right], \end{cases} \qquad (6)$$

$м_{диб.}$, $м_W$, $м_Л$-бахылан динамики контакт мясялянин диференсиал тянлийини ашаьыдакы кими ифадя едя билярик:

$$EJ\,\frac{\partial^4 Y(x,t)}{dx^4}+\left(a_0-a_1x+a_2x^2\right)\times$$
$$\times Y(x,t)+\overline{m}_{чев.}\,\frac{\partial^2 Y(x,t)}{dt^2}=0 \qquad (7)$$

Фцрйе цсулуну тятбиг етмякля (7) тянлийиня дахил олан *Й(х,т)*-функсийасыны ики функсийанын щасили кими гябул едирик, бунлардан бири *х*-дян, диэяри ися *т*- дян асылы олур:

$$Y(x,t)=X(x)T(t) \qquad (8)$$

(8) ифадясиня ясасян *Й(х,т)*-функсийасынын (7) тянлийиня дахил олан хцсуси тюрямялярини тапыб бу тянликдя йазсаг, нятижядя аларыг:

$$\frac{X^{IV}(x)+\left(a_0-a_1x+a_2x^2\right)X(x)}{\overline{m}_{чев.}X(x)}=-\frac{T''(t)}{T(t)}=\omega_n^2 \quad (9)$$

Сонунжу тянлийя ясасян ашаьыдакы ики тянлийи аларыг:

$$T''(t)+\omega_n^2T(t)=0, \qquad (10)$$

$$X^{IV}(x)-\psi(x)X(x)=0, \qquad (11)$$

бурада,

$$\begin{cases}\psi(x)=a_\omega+a_1x-a_2x^2\\ a_\omega=\omega_n^2\overline{m}_{чев.}-a_0.\end{cases} \qquad (12)$$

(10) тянлийинин щялли ашаьыдакы кими ифадя олунур:

$$T(t)=A_n\sin\omega_nt+B_n\cos\omega_nt \qquad (13)$$

$А_н$ вя $Б_н$ - ихтийари интеграл сабитляридир. Камеранын чевик диб конструксийасынын сярбяст яйилмя рягсляринин баш формасыны ифадя едян (11) диференсиал тянлийинин щяллини мювжуд тяхмини цсуллары тятбиг етмякля гурмаг олар [1]. Камеранын чевик диб конструксийасынын сярбяст яйилмя рягсляринин баш формасынын диференсиал тянлийиня ашаьыдакы сярщяд шяртляри дахилиндя бахырыг (*х=0* олдугда):

$$X(0)=Y_0;\quad X'(0)=\theta_0;$$
$$X''(0)=\frac{M_0}{EJ};\quad X'''(0)=\frac{Q_0}{EJ}. \qquad (14)$$

Бу сярщяд шяртляри дахилиндя (11) диференсиал тянлийинин 0- дан *х*- я гядяр олан интервалда дюрдгат интегралласаг, аларыг:

$$X(x)=Y_0+\theta_0x+\frac{M_0}{EJ}\frac{x^2}{2!}+$$
$$\frac{Q_0}{EJ}\frac{x^3}{3!}\int_0^x\left(a_\omega+a_1z-a_2z^2\right)X(z)\frac{(x-z)^3}{3!}dz. \qquad (15)$$

Сонунжу интеграл тянликдя,

$$X_0(x)=X_{сярщ.}(x)=Y_0+\theta_0x+$$
$$+\frac{M_0}{EJ}\frac{x^2}{2!}+\frac{Q_0}{EJ}\frac{x^3}{3!} \qquad (16)$$

гябул етсяк, йаза билярик:

$$X(x)=X_0(x)+$$
$$+\int_0^x\left(a_\omega+a_1z-a_2z^2\right)X(z)\frac{(x-z)^3}{3!}dz. \qquad (17)$$

Чевик диб конструксийасынын сярбяст яйилмя рягсляринин баш формасыны ифадя едян *Х(х)*- функсийасына сыфырынжы йахынлашма кими $X_0(x)=X_{сярщ.}(x)$ функсийасыны гябул етсяк мясялянин щяллини Пикар ардыжыл йахынлашма цсулу иля гура билярик [2]:

$$\begin{cases}X_0(x)=X_{сярщ.}(x)=Y_0+\theta_0x+\frac{M_0}{EJ}\frac{x^2}{2!}+\frac{Q_0}{EJ}\frac{x^3}{3!};\\ X_1(x)=X_0(x)+\int_0^x\left(a_\omega+a_1z-a_2z^2\right)X_0(z)\frac{(x-z)^3}{3!}dz;\\ X_2(x)=X_0(x)+\int_0^x\left(a_\omega+a_1z-a_2z^2\right)X_1(z)\frac{(x-z)^3}{3!}dz;\\ X_3(x)=X_0(x)+\int_0^x\left(a_\omega+a_1z-a_2z^2\right)X_2(z)\frac{(x-z)^3}{3!}dz;\\ X_n(x)=X_0(x)+\int_0^x\left(a_\omega+a_1z-a_2z^2\right)X_{n-1}(z)\frac{(x-z)^3}{3!}dz.\end{cases} \qquad (18)$$

(18)-дя Пикар ардыжыл йахынлашмаларыны гейри-мящдуд шякилдя давам етдирсяк, бу щалда шцбщясиз ки,

$$\lim_{n\to\infty}\left[X_n(x)-X_{n-1}(x)\right]\to 0$$ вя

щядди $X_н(x)$- функсийасы бахылан динамики контакт мясялянин щяллини веряк. $X_н(x)$- функсийасы мясялянин сярщяд шяртлярини характеризя едян бцтцн башланьыж динамики параметрляри юзцндя бирляшдирир. $X_н(x)$- функсийасынын ачылышында дюрд динамики башланьыж параметря эюря груплашма апарсаг бахылан динамики контакт мясялянин там щяллини ашаьыдакы шякилдя ифадя едя билярик:

$$\begin{cases} X_n(x)=Y_0 f_1(x)+\theta_0 f_2(x)+\dfrac{M_0}{EJ} f_3(x)+\dfrac{Q_0}{EJ} f_4(x); \\ \theta_n(x)=Y_0 f_1'(x)+\theta_0 f_2'(x)+\dfrac{M_0}{EJ} f_3'(x)+\dfrac{Q_0}{EJ} f_4'(x); \\ \dfrac{M_n(x)}{EJ}=Y_0 f_1''(x)+\theta_0 f_2''(x)+\dfrac{M_0}{EJ} f_3''(x)+\dfrac{Q_0}{EJ} f_4''(x); \\ \dfrac{Q_n(x)}{EJ}=Y_0 f_1'''(x)+\theta_0 f_2'''(x)+\dfrac{M_0}{EJ} f_1'''(x)+\dfrac{Q_0}{EJ} f_1'''(x). \end{cases} \quad (19)$$

(19) щесаблама дцстурларында $ф_1(x)$, $ф_2(x)$, $ф_3(x)$ вя $ф_4(x)$ функсийалары дурулдужунун диб конструксийасынын сярбяст яйилмя рягсляринин баш формасынын бир-бириндян хятти асылы олмайан дюрд хцсуси щялли олуб ашаьыдакы жялд йыьылан сонсуз сыралар шяклиндя тяйин олунур:

$$\begin{aligned} f_1(x)={}&1+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_\omega^n x^{4n}}{(4n)!}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_1^n x^{5n}}{(5n)!}\times \\ &\times\left[1\cdot 6\cdot 11\cdot\ldots(5n-4)\right]++\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{a_2^n x^{6n}}{(6n)!} \\ &\left[1\cdot 2\cdot 7\cdot 8\ldots(6n-5)(6n-4)\right]+ \\ &a_\omega\left[\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_1^n x^{5n+4}}{(5n+4)!}t_{1,n}+\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{a_2^n x^{6n+4}}{(6n+4)!}t_{2,n}\right]+\ldots; \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} f_2(x)={}&x+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_\omega^n x^{4n+1}}{(4n+1)!}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_1^n x^{5n+1}}{(5n+2)!}\left[2\cdot 7\times\right. \\ &\left.\times\cdot 12\cdot\ldots\cdot(5n-3)\right]+\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{a_2^n x^{6n+1}}{(6n+1)!}\left[2\cdot 3\times\right. \\ &\left.\times\cdot 8\cdot 9\ldots\cdot(6n-4)(6n-3)\right]+a_\omega\left[\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_1^n x^{5n+5}}{(5n+5)!}\times\right. \\ &\left.\times t_{3,n}+\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{a_2^n x^{6n+5}}{(6n+5)!}t_{4,n}\right]+\ldots; \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} f_3(x)={}&\frac{x^2}{2!}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_\omega^n x^{4n+2}}{(4n+2)!}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_1^n x^{5n+2}}{(5n+2)!} \\ &\times\left[3\cdot 8\cdot 13\cdot\ldots(5n-2)\right]+\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{a_2^n x^{6n+2}}{(6n+2)!}\times \\ &\times\left[3\cdot 4\cdot 9\cdot 10\ldots(6n-3)(6n-2)\right]+a_\omega\times \\ &\times\left[\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_1^n x^{5n+6}}{(5n+6)!}t_{5,n}+\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{a_2^n x^{6n+6}}{(6n+6)!}t_{6,n}\right]+\ldots; \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} f_4(x)={}&\frac{x^3}{3!}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_\omega^n x^{4n+3}}{(4n+3)!}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_1^n x^{5n+3}}{(5n+3)!} \\ &\times\left[4\cdot 9\cdot 14\cdot\ldots(5n-1)\right]+\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{a_2^n x^{6n+3}}{(6n+3)!}\times \\ &\times\left[4\cdot 5\cdot 10\cdot 11\ldots(6n-2)(6n-1)\right]+a_\omega\times \\ &\times\left[\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_1^n x^{5n+7}}{(5n+7)!}t_{7,n}+\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{a_2^n x^{6n+7}}{(6n+7)!}t_{8,n}\right]+\ldots; \end{aligned} \quad (23)$$

(20)-(23) ифадяляриндя $m_ъ(ъ=1\ldots8)$ ямсаллары ашаьыдакылардыр:

$$\begin{cases} t_{1,n}=6;\ 66;\ldots; & t_{2,n}=32;\ 4336;\ldots; \\ t_{3,n}=8;\ 102;\ldots; & t_{4,n}=48;\ 7920;\ldots; \\ t_{5,n}=10;\ 144;\ldots; & t_{6,n}=68;\ 13450;\ldots; \\ t_{7,n}=12;\ 192;\ldots; & t_{8,n}=92;\ 21520;\ldots. \end{cases} \quad (24)$$

(19) дцстурларына дахил олан ясас функсийаларын биринжи илк тяртибдян тюрямяляринин ифадяляри (20)-(23)-дя x-я эюря ардыжыл диференсиаллама апармагла тапылыр:

$$f_1'(x)=\frac{df_1(x)}{dx};\quad f_1''(x)=\frac{d^2 f_1(x)}{dx^2};$$

$$f_1'''(x)=\frac{d^3 f_1(x)}{dx^3}\ \text{вя с.}$$

(13) вя (19) ифадяляри ясасында дурулдужунун чевик диб конструксийасынын ихтийари кясийиндя истянилян заман анында рягслярин амплцтуду, дюнмя бцжаьы, яйижи момент вя кясижи гцввя ашаьыдакы дцстурлар шяклиндя тяйин едилир:

$$\begin{cases} Y_n(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty}\left[Y_0 f_1(x)+\theta_0 f_2(x)+\frac{M_0}{EJ}f_3(x)+\right. \\ \left.+\frac{Q_0}{EJ}f_4(x)\right](A_n \sin\omega_n t+B_n\cos\omega_n t); \\ \theta_n(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty}\left[Y_0 f_1'(x)+\theta_0 f_2'(x)+\frac{M_0}{EJ}f_3'(x)+\right. \\ \left.+\frac{Q_0}{EJ}f_4'(x)\right](A_n \sin\omega_n t+B_n\cos\omega_n t); \end{cases} \quad (25)$$

$$\begin{cases} \frac{M_n(x,t)}{EJ}=\sum_{n=1}^{\infty}\left[x_0 f_1''(x)+\theta_0 f_2''(x)+\frac{M_0}{EJ}\times\right. \\ \left.\times f_3''(x)+\frac{Q_0}{EJ}f_4''(x)\right](A_n \sin\omega_n t+B_n\cos\omega_n t); \\ \frac{Q_n(x,t)}{EJ}=\sum_{n=1}^{\infty}\left[x_0 f_1'''(x)+\theta_0 f_2'''(x)+\frac{M_0}{EJ}\times\right. \\ \left.\times f_3'''(x)+\frac{Q_0}{EJ}f_4'''(x)\right](A_n \sin\omega_n t+B_n\cos\omega_n t). \end{cases} \quad (25')$$

Рягслярин баш формасынын диференсиал тянлийинин щяллиндя иштирак едян щяр бир *фъ(x)* функсийалары сонсуз сыраларын жями кими тяйин едилир. Бу сыраларын сцрятндя кичик параметрляр a_ω, a_1, a_2 вя мяхряжиндя артан факториал ядядлярин олмасы онларын жялд йыьылмасыны тямин едир. Ядяди щесаблама апардыгда бу функсийаларын вя онларын уйьун тюрямяляринин ифадяляриндя кифайят гядяр дягигликля щяр бир сыранын ики-цч щядди иля кифайятлянмяк олар.

(25) ифадяляринин биринжи сятрня ясасян дурулдужунун диб конструксийасынын айры-айры нюгтяляринин йердяйишмя сцряти ашаьыдакы кими тяйин олунар:

$$V_n(x,t)=\frac{\partial Y_n(x,t)}{\partial t}=\sum_{n=1}^{\infty}\omega_n X_n(x)\times \\ \times\left(A_n\cos\omega_n t-B_n\sin\omega_n t\right) \quad (26)$$

Beləliklə təklif olunmuş üsul durulducu kamerasının çevik dib konstruksiyasının dəyişən sonlu qalınlıqlı sıxılan təbəqədə sərbəst əyilmə rəqslərini təyin etməyə imkan verir.

ЯДЯБИЙЙАТ

1. Киселев В.А. Строительная механика. Специальный курс (динамика и устойчивость сооружений). М., 1964, 332 с.
2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУ 3 ов М., 1962, 608 с.

ABOLFAZL NAZARI GIGLOU

COMPUTATION OF THE FREE BENDING VIBRATION OF THE SETTLING CELL FLEXIBLE BOTTOM CONSTRUCTION AT THE FINITE THICKNESS CONFINED LAYER

ABSTRACT

Dynamic contact problem lets us to compute bending vibration of the dock kind settling cell bottom construction at the confinde layer with changeable thickness. Rigidity coefficient of the confined qround layer leaning against the unconfined layer is accepted by the non-linear laü along the construction length. The solution of the dynamic contact problem is computed by using the Fourier transform and accepting the dynamic boundary functions. The differential equation solution of the free vibration of the bottom construction head form is formed by the Picard limit of sequence method. This solution lets us to specify the free bending vibration of the bottom construction at any desired time and also to find the frequency of the vibrations. So we can specify the free bending vibration of the settling cell flexible bottom construction at the finite thickness confined layer.

ƏLƏSGƏROV G.A., KƏRIM FAYIZPUR

GÜNƏŞ IŞIĞINDAN ISTIFADƏ ETMƏKLƏ BINA DAXILI

ENERJI TƏLABATININ ÖDƏNILMƏ PERSPEKTIVLIYI

Yaşadığımız dünyanın ekvator xəttinə daha yaxın olan və günəş işığı ilə zəngin ölkələrində-consuz tükənməyən işıq - Günəş enerji mənbəyindən müasir dövrdə istifadə olduqca qənaətbəxş sayıla bilməz. Buna baxmayaraq, sənayesi daha çox inkişaf etmiş bir sıra dünya ölkələrində təbii Günəş işığından istifadə edilib elmi tədqiqatlar işləri aparılır. Lakin bütün bunlar hazırda qədərincə deyildir. Əksinə enerji əldə etmək üçün süni enerji hasil edən qurğu və mexanizmlərdən istifadə yüksək templə inkişaf etdirilir. Ekologiyaya vurulan ziyan kritik həddə çatmış, bizi əhatə edən mühitə zərərli maddələrin-qazlar, qatı duz mayelər, kansentratların atılması və artımin dayanmadan sıçrayış etməsi yaşadığımız mühitə-təbiətə, flora və faunaya mənfi təsir edir. Dünyadakı son hadisələr: Haitidə, Pakistan, Hindistan, Çində, Rusiya və s. by kimi ölkələrdə -baş verən və çoxlu sayda insan təlafatı ilə nəticələnən təbii fəlakətlər, insanlara təbiətin xəbərdarlığı kimi qəbul edilməlidir. Artıq ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısının almaq üçün təbilin vurmaq vaxtıdır.

Dünya ölkəsində demək olar ki, hündür mərtəbəli tikililərin sayı durmadan artmaqda davam edir. Bu binalarin enerji ilə təchizatı ekologiya baxımdan artıq önəm kəcb edir. Beləki, binanın istilik enerji ilə təchiz edilməsində yerli istilik sistemlərinə üstünlük verildiyindən əksəriyyət mənzillərdə “istilik ocaqları”ndan ibarət yerli isitmə sistemindən istifadə edilir. Nəticə: Hər mənzildə bir “istilik ocaqı quraşdırılır. Bu isə qazla işləyən ictilik mərkəzi olduğunda onu hətta: birinci partlayış mənbəyi kimi, ikincisi yanma məhsulu kimi binanın ətraf havasını zəhərli qazla, karbon qazları ilə zənginləşdirmə mənbəiy kimi baxmaq olar. Bu zaman binanın daha yuxarı mərtəbələrində yaşayan sakinlərin həyatını təhlükə qarşısında olur. Nəfəs aldıqları havanın zəhərli qazlarla, o cümlədən dəm qazı ilə dolması insanların gələcəkdə xoşa gəlməz xəstəliklərlə tutulmasına gətirib cıxaracaqdır. Bu isə yol verilməzdir.

İnsanlara və mühitimizə zərər verən bütün fəsadların baş verməməməsi üçün zərərli mənbələri aşkarlayib qarşısını ala biləcək tədbirlərin görülməsi vacib sayıla bilər. Bu cür tədbirlərin görülməsi ilk növbədə Yer kürəsinin resurlarından-təbii enerj mənbələrindən düzgün və məqsədə uyğun istifadə edilməsi önəm kəsb edir.

Binalarda işıq və istilik enerjisinə təlabat cox olduğundan, istər işiq və istərsə də istlik enerji təlabatı ödəmək üçün Günəş enerjisi və onun işığıdan istifadə etməyin alternativi demək olar ki, yoxdur. Son vaxtlar günəş işığının enerjisindən gecə işiq lampalarından istifadə edilməsi bu istiqamətdə atılan önəmli addımlardan birisi kimi qiymətləndirmək olar. Lakin bütün bunlar “Dəryada bir damcı”nı xatırladr. Bu istiqamətdə görülən işləri genişləndir mək vacibdir.

Günəş enerjisinin daha səmərəli istifadəsi onun fotoelementlərdə elektrik enerjisinə çevrilməsi ilə həyata keçirilir. Fotoelementlər işığa həssas yarımkeçirici materiallardan – selen, silisium, qallium arsenidi, kadmium sulfidi və s. materiallardan hazırlanır. Bu materiallarda xüsusi p-n keçidi tərəfindən işığın udulması elektrik cərəyanı yaradır. Fotoelementlərdən minlərlə kvadrat metr sahə əhatə edən müxtəlif gücdə elektrik stansiyaları qurmaq mümkündür. Günəş enerjisinin Günəşin sutkalıq və mövsümi dövriyyəsindən asılı olmaması üçün alınan elektrik enerjisini elektrik akkumulyatorları ilə və ya metalhidrid akkumulyatorlarında hidrogen şəklində toplamaq mümkündür.

Binalarda konstruktiv hesabatlar apararkən konctruksiyaların seçimi yerli şəraitə uyğunlaşdırılması və yerli resurlardan istifadə əhəmiyyətlidir. Tikililərin otaqlarında işıqlandırma dərəcəsinin artırmacı ilə həmdə oranin istilik enerjisinə təlabatına təsirinin müqayisəli dərəcədə dəyişməsinin bilərək ondan istifadə etməyin səmərəli yolunu aşkarlamaq lazımdır.

Bina tikintisində müasir texnologiyalardan yararlanaraq, bina daxili enerji sərfini və əlavə xərcləri azaltma məsələləri, bu gün memarların və konstryktorların xüsusi diqqət ayırdıqları və qarşıya qoyduqları məqsədlərdəndir. Binaların özəl dizaynlarına əsasən onlarda günəşin işığına nəzarət çox qiymətli hesab olunur. Hər bir dizayner öz fəaliyyətinin təkmilləşməsi, münasib və kafi bir işin təqdim etməsi üçün işıq enerjisindən istifadə və onun nəzarətinə xüsusi diqqət ayırmalıdır.

Yeni binaların çoxu kafi işıqlığa malik bir yerdə tikilməli və tikiləcək binanın da hansısa bir hissəsi özünə lazım olan işığa malik olmalıdır. Eləcə də, memarların çoxu, qədim binaları da yenidən bərpa etməkdə, həmin binaların işığına nəzarət və günəşin enerjisindən düzgün yararlana bilməyi özlərinə məqsd qoyurlar. İşığa nəzarət sistemləri enerji ilə yüksək uzlaşma qabiliyyətinə malikdirlər və onların bu üstünlüyü enerjini həcmli toplamaqda çox effektli və faydalıdır.

Ən yüksək enerji həcmini istehsal etmə və işıqlandırma sistemləri üçün enerjinin verilməsi özlərinə məxsus və effektli nəzarətə malik projektor aparatlarının və lampaların vasitəsilə həyata keçir. İndi isə bu isbat olunmuş teorem, tikintinin yeni metodunda və dünyanın üstün sənayelərində faydalı tətbiq oluna bilinsin deyə, onlar binaların tikintisi qaydalarında nəzərə alınmalıdır.

Müasir binalar yeni metodlarla izolyasiya olunub və bu izolyasalar binanın fəzasında temperaturun dəyişməsi və ya buxarlanmanın faizinin minimuma endirə bilib və əslində binada ümumi enerji məsrəfində işıq payının rolunu dahada önəmli etmişdir. Hal hazırda bütün memearlar və tikinti mütəxəssisləri, binanı tikməzdən əvvəl, hətta binanın hava sistemində müxtəlif dərəcələr olca da belə, işığa nəzarətin düzgün və tələb olunan metodla binada tətbiq oluna biəcəyini nəzərə almalıdırlar.

Eləcə də con illərdə, yeni tikilmiş binaların çoxunda fırlanma qabiliyyəti tətbiq edilmişdir və belə binalar üzərinə düşən işığın cəzb edə bildiklərinə görə binanın günəş işığı ilə təmin etmə sistemlərindən maksimal istifadə edə və faydalana bilirlər.

Enerjinin məsrəfinə nəzarət və onun binanın işıq sisiteminin vasitəsilə toplanması, hər bir enerji istifadəçisinin vastəsilə həyata keçirilə bilir və məsələdə onlar düzgün təlimatlandırılmalıdırlar. Ona görə ki, məlumatlandırma, enerjini düzgün məsrəf etmə və düzgün toplamasında cox önəmlidir. Binanın işıqlanma və isitmə sistemlərdə enerjinin təbii resurslardan düzgün yararlanmaq, ətafın təmizliyinə zərərli qazların o cülədən, karbon oksid qazının hədsiz ötürülməsinin qarşısını almaqda əsas rola malikdir.

Əslində hər bir mütəxəssis və professional dizayner binanın günəş işığına nəzarət strategiyası üzrə münasib enerjinin toplanması və kapital qoyuluşu həcminin arasında müvazinət məsələlərində xüsusi diqqət ayırmalı və binada günəş enerjisinin maksimal istifadəsi üçün ən əlverişli sistemlərdən yararlana bilməlidir.

Lakin belə bir məsələni də vürüqlamaq lazımdır ki, binanın işığına nəzarət məsələsi uzlaşa bilən olmalıdır. Belə ki, binada enerji daşıyıcılarını müxtəlif təyinatlara dəyişdirməyə və istənilən şəraitdə istifadə edıən olmalıdır.

Enerjinin düzgün toplama və ondan düzgün istifadə mövzusu. Son illər dəfələrlə tədqiq olunmuş və bu məsələ hamıya tanışdşr. Lakin, təbii enerji resurlarını yeni binalarda istifadəsinin və bnaların işığına nəzarətin necə olması problemi vardır və bu məsələ bütün dizaynerlərə və memlara, xüsusi olaraq, təlimat verilməlidir.

Önəmli olan işıq enerjisinə dair indiyə kimi onu izah edən və dünyanın bütün ölkələpin tikintidə çalışan konstruktorların və analitiklərin beyninin məhsulu olan çoxlu analitik elmi əsərlər yazılmışdır. Lakin bu yazılar. əslində formal xarakter daşımş və praktikada necə lazımdır tətbiq edilməyibdir.

Son illərdə, dünyanın çox ölkələrində müxtəlif tikinti və yaşayış kompleksləri proyektləri üçün iri büdcələr sərf edilmişdir. Lakin bitirdikdən sonra, onların konstruktorları kafi və gözləniləsi nəticə əldə edə bilməyiblər.

Dünyanın bir sıra aparıcı ölkələrndə, o cümlədən ABŞ-da iqtisadi böhran tikinti sektorunda baş vermiş kəskin və fərqli səbatsızlıq səbəbindən başlanmış və hələ də indiyədək davam etməkdədir. İqtisadi böhranın baş verməsi, tikinti üzrə maliyyə investorlarının və maliyyə müəssisələrinin bu sektora iri büdcələrinin sərf etmələrindən imtina etmələrinə və dünyanın ev tikintisi bazarından üzaqlaşmalarına səbəb olmuşdur.

Qətiyyətlə demək olar ki, tikinti sahəsində müasir texnologiyaların icad edilməsi çox önəmlidir, lakin dünyanın tikinti bazarında nisbi durğunluğa görə belə bir texnologiyalar öz rolunu dünya bazarında tam ifa edə bilməmiş və bu sektorda öz yerlırini daha da yüksəldə bilməyiblər.

Hər halda təbii enerji resurlarından maksimal yararlanmağa dair hansısa bir cəmiyyətin bilik səviyyəsinin artması və bu resurların əlavə xərclərin azalması ilə əlaqəli olması, müasir texnologiyanın tətbiqinin artmasında effektiv ola bilər və müsbət nəticə verə bilər.

Ədəbiyyat

1. 4 Times Square New York City. Highlighting high performance. US DOE. 2001.
2. Energy efficiency in a Manhattan skyscraper. CADDET. 2000.
3. Environmental Guidelines For Tenant Improvements. Conde Nast Building@Four Times Square.

Ələsgərov G.A.,Kərim Fayizpur.
Iran. Təbriz

GÜNƏŞ IŞIĞINDAN ISTIFADƏ ETMƏKLƏ BINA DAXILI ENERJI TƏLABATININ ÖDƏNILMƏSI PERSPEKTIVLIYI

Anatasiya

Son illərdə, dünyanın çox ölkələrində müxtəlif tikinti və yaşayış kompleksləri proyektləri üçün iri büdcələr sərf edilmişdir. Lakin bitirdikdən sonra, onların konstruktorları kafi və gözləniləsi nəticə əldə edə bilməyiblər. Ona görə də təbii enerji resurlarından maksimal yararlanmaq və bu resurlardan səmərəli istifadə etmək alimlərin qarşısında duran ən aktual və önəmli məsələlərdən biridir.

Alaskharov G.A, Karim Fayizpur

Durch die Verwendung von onnenlicht GEBÄUDE Zahlung der inländischen Energiebedarfs Aussicht

Anatasiya

In den letzten Jahren haben viele Länder auf der ganzen Welt in verschiedenen Projekten für den Bau von Großwohnanlagen und Budgets ausgegeben worden. Doch nach dem Studium, waren sie nicht in der Lage, Ergebnisse zu erzielen und arm. Daher ist der maximale Nutzen aus der natürlichen Energie und wirksame Nutzung der Nanotechnologie eines der dringendsten und wichtigsten.