УДК 624.072

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О КОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ УПРУГОПОЛЗУЧИХ БАЛОЧНЫХ ПЛИТ С УПРУГОПОЛЗУЧИМ ДЕФОРМИРУЕМЫМ ОСНОВАНИЕМ С УЧЕТОМ СИЛЫ ТРЕНИЯ

Т.Ш.Ширинкулов, А.Д.Дасибеков, Б.К.Уралов, К.Т.Ширинкулов
ЮКГУ им.М.Ауезова, г.Шымкент
СамГАСИ, г.Самарканд (Узбекистан)

В настоящей статье предлагается способ решения контактной задачи теории ползучести об изгибе трехслойных балочных плит из упругоползучего материала, взаимодействующих с упругоползучим деформируемым основанием с учетом влияния касательных реактивных напряжений между плитой и основанием. Плиты и средний слой считаются изготовленными из наследственно-стареющего материала, подчиняющегося интегральным соотношениям Арутюняна-Работнова [1,2]. При этом предполагается, что законы деформирования материала заполнителя описываются линейными интегральными соотношениями наследственной теории ползучести.

Для решения задач предположим, что коэффициент поперечной деформации ползучести $v^*(t,\tau)$ равен коэффициенту упругой поперечной деформации v(t) и постоянен во времени, материалы плит и заполнителя являются изотропными и однородными. При этих предположениях, используя определяющие соотношения теории составных стержней А.Р.Ржаницына [3], разрешающие уравнения изгиба трехслойных балочных плит, взаимодействующих с линейно-деформируемым основанием с учетом реактивных касательных напряжений основания можно представить в виде:

$$\left(1+R_2^*\right)D_2(t)\frac{\partial^4 y_2}{\partial x^4}=q(x,t)-\left(1-R_3^*\right)K(t)\left[y_2(x,t)-y_1(x,t)\right], \tag{1}$$

$$\left(1+R_1^*\right)D_1(t)\frac{\partial^4 y_1}{\partial x^4}=\left(1-R_3^*\right)K(t)\left[y_2(x,t)-y_1(x,t)-p(x,t)-\frac{h_1}{2l}\cdot\frac{\partial\tau}{\partial x}\right]. \tag{2}$$

Здесь

$$R_i^* f(t)=\int_{\tau_0}^{t}R_i(t,\tau)f(\tau)d\tau\ ;$$

$R_i(t,\tau)$ – ядро релаксации для материалов плит и заполнителя; $q(x,t), p(x,t), \tau(x,t)$ – соответственно интенсивности внешней нагрузки, реактивных нормальных и касательных напряжений основания; $D_1(t), D_2(t), y_1(x,t), y_2(x,t)$ – соответственно цилиндрические жесткости и прогибы нижней и верхней плит.

В качестве модуля основания рассматривается полупространство с модулем упругости и мерой ползучести, изменяющимися по законам

$$E(t,z)=E_v(t)z^v, C(t,\tau,z)=C_0(t,\tau)z^{-v}, 0\le v\prec 1$$

Следуя [2], через $\theta_0 V_0(x,t), \theta_3 V_3(x,t)$ обозначим соответственно вертикальные и горизонтальные смещения поверхностных точек основания от воздействия единичной вертикальной силы, а через $-\theta_1 V_1(x,t), \theta_2 V_2(x,t)$ аналогичные смещения от горизонтальной силы. При этих предположениях вертикальные и горизонтальные перемещения граничных точек основания, обладающие реологическими свойствами и неоднородностью, представим в виде:

$$W_0(x,t)=(1-K_4^*)w(x,t); U_0(x,t)=(1-K_5^*)V(x,t) \quad (3)$$

Здесь операторы K_4^* и K_5^* определяются соотношениями в виде [2]:

$$w(x,t)=\theta_0\int_{-a}^{a}V_0(x-y,t)p(y,t)dy+\theta_1\int_{-a}^{a}V_1(x-y,t)\tau(y,t)dy;$$

$$V(x,t)=\theta_2\int_{-a}^{a}V_2(x-y,t)p(y,t)dy-\theta_3\int_{-a}^{a}V_3(x-y,t)\tau(y,t)dy, \quad (4)$$

где (-a;a) - участок поверхности основания, на который действует произвольная система сил с главным моментом М и с составляющими главного вектора Р (вертикальная) и Q (горизонтальная). В дальнейшем будем пользоваться безразмерной x, равной отношению абсолютной координаты к полудлине балки ℓ.

Пусть трехслойная упругоползучая балочная плита, конечной длины 2ℓ и с высотой h_1, h_2, на которую действует вертикальная q(x,t) и горизонтальная $q_1(x,t)$ нагрузки, свободно лежит на линейно-деформируемом основании, обладающим свойством ползучести и неоднородностью, вертикальные и горизонтальные перемещения граничных точек которой определяются соотношениями (3),(4).

Требуется определить прогибы плит, нормальные p(x,t) и касательные τ (x,t) контактные напряжения.

Для нахождения реакций основания будем исходить из тождества:

$$ó_1(\tilde{o},t)=W_0(\tilde{o},t), U_1(\tilde{o},t)=U_0(\tilde{o},t) \quad (5)$$

Горизонтальные перемещения подошвы нижней плиты определяются формулой:

$$U_1(t)=-\frac{h_1}{2l}\frac{\partial ó_1}{\partial \tilde{o}}+\frac{l}{h_1}\frac{1-\mu^2}{E(t)}(1-K_1^*)\int_0^x(x-\xi)\tau(\xi,t)d\xi \quad (6)$$

Пусть $p_y(x,t), \tau_ó(x,t)$ - нормальные и касательные напряжения, соответствующие упруго-мгновенной задаче, $p_n(x,t), \tau_n(x,t)$ - дополнительные реактивные давления, обусловленные реологическими свойствами материалов плит и основания. При этом будем иметь:

$$p(x,t)=p_y(x,t)+p_n(x,t), \tau(x,t)=\tau_ó(x,t)+\tau_n(x,t). \quad (7)$$

Так как упруго-мгновенные решения удовлетворяют уравнениям равновесия, то давления $p_n(x,t)$, τ_n (x,t) должны удовлетворять условиям самоуравновешенности:

$$\int_{-1}^{1}P_n(x,t)dx=0, \int_{-1}^{1}\tau_n(x,t)dx=0$$

Прогибы плит также представляются в виде:

$$\left.\begin{aligned} y_1(x,t)&=y_{1y}(x,t)+y_{1n}(x,t)\\ y_2(x,t)&=y_{2y}(x,t)+y_{2n}(x,t)\end{aligned}\right\} \quad (8)$$

Решение упруго-мгновенной задачи получено в [3] с применением метода ортогональных полиномов, и поэтому считаем его известным.

В дальнейшем для решения задачи об определении дополнительных реактивных давлений $p_n(x,t), \tau_n(x,t)$ операторы $R_i(t,\tau)$ заменим операторами Работнова [1] $Э_\alpha^*(\beta_i)$ с соответствующими параметрами [3].

Основные разрешающие уравнения для определения дополнительных прогибов $y_{1n}(x,t), y_{2n}(x,t)$, возникающих вследствие проявления свойств ползучести материалов плиты и основания, представим в виде:

$$\begin{aligned}
&\left(1+Э_{\alpha}^{*}(\beta_2)\right)\frac{D_2(t)}{l^4}\frac{\partial^4 y_2}{\partial x^4}+\left(1+Э_{\alpha}^{*}(\beta_3)\right)K(t)\left[y_{2n}(x,t)-y_{n1}(x,t)\right]=F_1(x,t);\\
&\left(1+\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_1)\right)\frac{D_1(t)}{l^4}\frac{\partial^4 y_1}{\partial x^4}+\left(1+\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_3)\right)K(t)\left[y_{2n}(x,t)-y_{n1}(x,t)\right]=F_2(x,t)-\\
&-p_n(x,t)-\frac{h_1}{2l}\cdot\frac{\partial\tau_n(x,t)}{\partial x},
\end{aligned}\tag{9}$$

где

$$F_1(x,t)=-Э_{\alpha}^{*}(\beta_2)\frac{D_2(t)}{l^4}\frac{\partial^4 y_{2y}}{\partial x^4}-Э_{\alpha}^{*}(\beta_3)K(t)\left[y_{2y}(x,t)-y_{1y}(x,t)\right]$$

$$F_2(x,t)=-Э_{\alpha}^{*}(\beta_1)\frac{D_1(t)}{l^4}\frac{\partial^4 y_{1y}}{\partial x^4}-Э_{\alpha}^{*}(\beta_3)K(t)\left[y_{2y}(x,t)-y_{1y}(x,t)\right]$$

Дополнительные реактивные давления представляются в виде:

$$p_n(x,t)=\sum_{j=1}^{m}F_j(x)H_j(t),\tau_n(x,t)=\sum_{j=1}^{m}\bar{F}_j(x)\bar{H}_j(t),\tag{10}$$

где $F_j(x),\bar{F}_j(x)$ – известные функции, удовлетворяющие условиям самоуравновешенности реактивных давлений; $H_j(t),\bar{H}_j(t)$ – неизвестные функции, определяемые из условия контакта.

Для свободно лежащих на деформируемом основании плит, решение систем уравнений (9) ищем в виде:

$$y_{1n}(x,t)=\sum_{i=1}^{m_1}A_i(t)\Phi_i(x), y_{2n}(x,t)=\sum_{i=1}^{m_2}B_i(t)\Phi_i(x),\tag{11}$$

где

$$\Phi_i(x)=\sin i\pi x-\frac{1}{(1+s)^3}\sin(1+s)i\pi x;$$

s - целое число, равное $\max(m_1,m_2)$; $\Phi_i(x),\Phi_i''(x),\Phi_i'''(x)$ – ортогональные функции, позволяющие удовлетворять граничным условиям на торцах.

После необходимых преобразований по методу Бубнова-Галеркина и имея в виду ортогональности функций $\Phi_i(x)$, для определения неизвестных функций $A_i(t),B_i(t)$ получаем следующие системы интегральных уравненй:

$$\begin{aligned}
&\left(1+Э_{\alpha}^{*}(\beta_2)\right)D_2(t)B_i(t)+\alpha_i\left(1+Э_{\alpha}^{*}(\beta_3)\right)K(t)\left[B_i(t)-A_i(t)\right]=F_{1,i}(x,t);\\
&\left(1+\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_1)\right)D_1(t)A_i(t)-\alpha_i\left(1+\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_3)\right)K(t)\left[B_i(t)-A_i(t)\right]=F_2(x,t)+\\
&+\sum_{j=1}^{m}F_{ij}H_j(t)+\sum_{j=1}^{m}\bar{F}_{ij}\bar{H}_j(t),
\end{aligned}\tag{12}$$

где

$$\alpha_i=l^4\left[1+(1+s)^6\right]\left[i\pi(1+s)\right]^{-4}\left[1+\left(1+s^2\right)^2\right]^{-1};$$

$$F_{mi} = l^4(1+s)^2(i\pi)^{-4}\left[1+\left(1+s^2\right)\right]^{-1}\int_{-1}^{1}F_m(x,t)\Phi_i(x)dx, m=1,2;$$

$$F_{ij} = -l^4(1+s)^2(i\pi)^{-4}\left[1+\left(1+s^2\right)\right]^{-1}\int_{-1}^{1}\left\{\begin{matrix}F_j(x)\\ \frac{h_1}{2l}\bar{F}_j(x)\end{matrix}\right\}\Phi_i(x)dx.$$

Для простоты дальнейших выкладок будем предполагать, что

$$D_i(t) = D_i = const, K(t) = K = const$$

Воспользуясь основными свойствами дробно-экспоненциальных функций и их композицией, решение системы интегральных уравнений (12) представим в виде:

$$B_i(t) = \frac{\alpha_i k\gamma_i}{D_1 D_2}\left[1+\sum_{s=1}^{6}\xi_{s,i}\acute{Y}_\alpha^*(\lambda_{s,i})\right]\left[\sum_{j=1}^{m}F_{i,j}H_j(t)+\sum_{j=1}^{m}\bar{F}_{i,j}\bar{H}_j(t)\right]+P_{1,i}(t); \quad (13)$$

$$A_i(t) = \frac{1}{\bar{\gamma}_i D_1}\left[1+\sum_{s=1}^{6}\xi_{s,i}\acute{Y}_\alpha^*(\lambda_{s,i})\right]\left[\sum_{j=1}^{m}F_{i,j}H_j(t)+\sum_{j=1}^{m}\bar{F}_{i,j}\bar{H}_j(t)\right]+P_{2,i}(t), \quad (14)$$

где

$$\xi_{s,i} = m_{s,i}\left[1+\sum_{l=4}^{6}\frac{b_l}{v_{s,i}-\lambda_{l,i}}\right]; s=1,2,3 \qquad \xi_{l,i} = b_l\left[1+\sum_{s=1}^{3}\frac{m_{s,i}}{v_{s,i}-\lambda_{l,i}}\right]; s=4,5,6$$

$$\lambda_{s,i} = v_{l,i}, s=1,2,3;\quad \lambda_{4,i}=\beta_3, \lambda_{s,i}=\beta-1, \lambda_{6,i}=\beta_1-1;$$

$$b_4 = \frac{(\beta_3-\beta_2)(\beta_3-\beta_1+2)}{(\beta_3-\beta_1+1)(\beta_3-\beta_2+1)};\quad b_5 = \frac{(\beta_3-\beta_2)(\beta_3-\beta_1+1)}{(\beta_2-\beta_1)(\beta_3-\beta_2+1)};\quad b_6 = \frac{(\beta_3-\beta_1)(\beta_2-\beta_1+1)}{(\beta_2-\beta_1)(\beta_3-\beta_1+1)};$$

$$\xi_{s,i} = m_{s,i}\left[\bar{\gamma}_o+\sum_{l=4}^{6}\frac{a_{l,i}}{v_{s,i}-\lambda_l}\right], s=1,2,3; \qquad \xi_{l,i} = a_{l,i}\left[1+\sum_{s=1}^{3}\frac{m_{s,i}}{v_{s,i}-\lambda_l}\right], s=4,5,6;$$

$$\mu_{s,i} = v_{s,i}, s=1,2,3;\qquad \mu_{4,i}=\beta_1-1, \mu_{s,i}=\beta_3, \mu_{6,i}=\bar{\beta}_1;$$

$$\acute{Y}_\alpha^*\left(\bar{\beta}_1\right) = \frac{\partial\acute{Y}_\alpha^*\left(\bar{\beta_1}-1\right)}{\partial\beta_1}; \gamma_i = \left(1+\frac{\alpha_i k}{D_1}+\frac{\alpha_i k}{D_2}\right)^{-1}; \bar{\gamma} = \left(1-\frac{\alpha_i k\gamma_i}{D_1}\right)^{-1};$$

$$a_{4,i} = \bar{\gamma}_i\left(1-\frac{\alpha_i k\gamma_i}{D_1}\frac{1}{(\beta_3-\beta_1+1)^2}\right); a_{6,i} = -\frac{\beta_3-\beta_1+2}{\beta_3-\beta_1+1}a_{5,i};$$

$$a_{5,i} = -\frac{\alpha_i k\gamma_i\bar{\gamma}_i}{D_1}\cdot\frac{(\beta_3-\beta_1)(\beta_3-\beta_1+2)}{(\beta_3-\beta_1+1)^2};$$

$$P_{1,i} = \frac{1}{D_2}\left\{1+\acute{Y}_\alpha^*(\beta_2-1)-\frac{\alpha_i k\gamma_i}{D_2}\left[1+\frac{\beta_3-\beta_2}{\beta_3-\beta_2+1}\acute{Y}_\alpha^*(\beta_3)-\frac{\beta_3-\beta_2}{\beta_3-\beta_2+1}\acute{Y}_\alpha^*(\beta_2-1)\right]\times\right.$$

$$\times\left[1+\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_2-1)\right]\left[1-\sum_{s=1}^{3}m_{si}\acute{Y}_{\alpha}^{*}(v_{s,i})\right]\Bigg\}F_{1,i}(t)+\frac{\alpha_i k\gamma_i}{D_1D_2}\left[1+\frac{\beta_3-\beta_2}{\beta_3-\beta_2+1}\acute{Y}_{\alpha}^{*}-\frac{\beta_3-\beta_2}{\beta_3-\beta_2+1}\times\right.$$

$$\left.\times\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_2-1)\right]\left[1+\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_1-1)\right]\left[1-\sum_{s=1}^{3}m_{s,i}\acute{Y}_{\alpha}^{*}(v_{s,i})\right]F_{1,i}(t).$$

Для дополнительных прогибов плит, возникающих вследствие проявления свойств ползучести, будем иметь:

$$y_{1n}(x,t)=\sum_{i=1}^{m_1}\left\{\frac{1}{\bar{\gamma}_i D_1}\left[1+\sum_{s=1}^{6}\xi_{s,i}\acute{Y}_{\alpha}^{*}\left(\bar{\mu}_{s,i}\right)\right]\left[\sum_{j=1}^{m}F_{i,j}H_j(t)+\sum_{j=1}^{m}\bar{F}_{i,j}\bar{H}_j(t)\right]+P_{1,i}(t)\right\}\Phi_i(x); \quad (15)$$

$$y_{2n}(x,t)=\sum_{i=1}^{m_1}\left\{\frac{1}{D_1D_2}\left[1+\sum_{s=1}^{6}\xi_{s,i}\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\lambda_{s,i})\right]\left[\sum_{j=1}^{m}F_{i,j}H_j(t)+\sum_{j=1}^{m}\bar{F}_{i,j}\bar{H}_j(t)\right]+P_{2,i}(t)\right\}\Phi_i(x). \quad (16)$$

Пользуясь формулами (6) и (15) для дополнительного горизонтального перемещения плит, получаем:

$$U_{1n}(x,t)=-\frac{h_1}{2l}\sum_{i=1}^{m_1}\left\{\frac{1}{\gamma_i D_1}\left[1+\sum_{s=1}^{6}\xi_{s,i}\acute{Y}_{\alpha}^{*}\left(\mu_{s,i}\right)\right]\left[\sum_{j=1}^{m}F_{i,j}H_j(t)+\sum_{j=1}^{m}\bar{F}_{i,j}\bar{H}_j(t)\right]+P_{1,i}(t)\right\}\Phi_i'(x)+$$

$$+\alpha_0\left(1-\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_1)\right)\sum_{j=1}^{m}\bar{F}_{i,j}(x)\bar{H}_j(t), \quad (17)$$

где

$$\alpha_0=\frac{(1-v_1^2)l}{h_1},\ \bar{\bar{F}}_j=\int_0^x\bar{F}_j(z)(x-z)dz.$$

Вертикальные и горизонтальные перемещения граничных точек упруго-ползучего полупространства также представим в виде:

$$W_{0n}(x,t)=\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_0)W_{0y}(x,t)+\left(1+\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_0)\right)\left[\sum_{j=1}^{m}\Phi_{j,p}(x)H_j(t)+\sum_{j=1}^{m}\Phi_{j,\tau}(x)\bar{H}_j(t)\right]; \quad (18)$$

$$U_{0n}(x,t)=\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_0)U_{0y}(x,t)+\left(1+\acute{Y}_{\alpha}^{*}(\beta_0)\right)\left[\sum_{j=1}^{m}\bar{\Phi}_{j,\tau}(x)\bar{H}_j(t)+\sum_{j=1}^{m}\bar{\Phi}_{j,p}(x)H_j(t)\right]. \quad (19)$$

Здесь

$$\begin{Bmatrix}\Phi_{j,p}(x)\\ \Phi_{j,\tau}(x)\end{Bmatrix}=\int_{-1}^{1}\frac{1}{|x-s|^m}\begin{Bmatrix}\theta_0\Phi_j(s)\\ \theta_2\bar{\Phi}_j(s)\end{Bmatrix}ds, \qquad \begin{Bmatrix}\bar{\Phi}_{j,p}(x)\\ \bar{\Phi}_{j,\tau}(x)\end{Bmatrix}=\theta_1\int_{-1}^{1}\frac{sig(x-s)}{|x-s|^m}\begin{Bmatrix}\Phi_j(s)\\ \bar{\Phi}_j(s)\end{Bmatrix}ds$$

В дальнейшем для приближенного решения задачи, ограничимся одним членом ряда (10). Тогда, пользуясь условиями контакта и применяя процедуру метода Бубнова-Галеркина, получаем:

$$H(t) = -N_k \left\{ \left[1 + \acute{Y}^*_\alpha(\beta_0 - 1)\right]\left[\Phi_k U_k(t) + \frac{h_1}{2l}\Phi'_k W_k(t)\right] + \left[\frac{h_1}{2l}\Phi'_k \Phi_{\tau,k} + \Phi_k \bar{\Phi}_{\tau,k} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \bar{\bar{F}}_k \,\alpha\left(1 + \acute{Y}^*_\alpha(\beta_0 - 1)\right)\left(1 - \acute{Y}^*_\alpha(\beta_0 - 1)\right)\right]\bar{H}(t)\right\}; \qquad (20)$$

$$\bar{H}(t) = \frac{N_k}{M_k}\left[1 + \sum_{s=0}^{7} l_{s,k}\acute{Y}^*_\alpha\left(\mu_{s,k} - l_{s,k}\right)\right]P_k(t); \qquad (21)$$

$$P_{1k}(t) = W_k(t) + \left\{\frac{\Phi_{p,k}}{N_k \bar{\gamma}_k D_1}\left[1 + \sum_{s=1}^{6}\xi_{s,k}\acute{Y}^*_\alpha(\mu_{s,k})\right] + \Phi_{p,k}\left[1 + \acute{Y}^*_\alpha(\beta_0)\right]\right\};$$

$$\left[1 + \acute{Y}^*_\alpha(\beta_0 - 1)\right]\left[\Phi_k U_k(t) + \frac{h_1}{2l}\Phi'_k W_k(t)\right];$$

$$\begin{Bmatrix}\Phi_k \\ \Phi'_k\end{Bmatrix} = \int_{-1}^{1}\begin{Bmatrix}\Phi_k^2(x) \\ \Phi'^2_k(x)\end{Bmatrix}dx; \qquad \begin{Bmatrix}U_k(t) \\ W_k(t)\end{Bmatrix} = \acute{Y}^*_\alpha \int_{-1}^{1}\begin{Bmatrix}U_{0y}(x,t)\Phi'_k(t) \\ W_{0y}(x,t)\Phi_k(t)\end{Bmatrix}dt;$$

$$\begin{Bmatrix}\Phi_{p,k} \\ \Phi_{\tau,k}\end{Bmatrix} = \int_{-1}^{1}\begin{Bmatrix}\Phi_p(x) \\ \Phi_\tau(x)\end{Bmatrix}\Phi_k(x)dx; \qquad \begin{Bmatrix}\bar{\Phi}_{p,k} \\ \bar{\Phi}_{\tau,k}\end{Bmatrix} = \int_{-1}^{1}\begin{Bmatrix}\bar{\Phi}_p(x) \\ \bar{\Phi}_\tau(x)\end{Bmatrix}\Phi_k(x)dx;$$

$$\bar{\bar{F}} = \int_{-1}^{1}\bar{\bar{F}}(x)\Phi_k(x)dx, N_k = \left[\frac{h_1}{2l}\Phi_{p,k}\Phi'_k + \bar{\Phi}_{p,k}\Phi_k\right]^{-1};$$

$$M_k = \frac{1}{\bar{\gamma}_1 D_1}\left(\frac{\bar{F}_k\Phi_k}{N_k} - \frac{F_k\Phi_k}{\bar{N}_k} - F_k\Phi_k\bar{\bar{F}}_k\,\alpha\right) + \frac{\Phi_{p,k}}{\bar{N}_k} + \Phi_{p,k}\bar{\bar{F}}_k\,\alpha;$$

$$\bar{\bar{N}} = \left[\frac{h_1}{2l}\Phi_{\tau,k}\Phi'_k + \bar{\Phi}_{\tau,k}\Phi_k\right]^{-1};$$

$$l_{0,k} = \frac{\Phi_{p,k}}{M_k N_k}, l_{7,k} = -\frac{F_k\Phi_k\bar{\bar{F}}_k\,\alpha}{M_k}\cdot\frac{\beta_0 - \beta_1 + 1}{\beta_0 - \beta_1}\left(1 - \sum_{s=1}^{6}\frac{\xi_{s,k}}{\mu_{s,k} - \beta_0 + 1}\right);$$

$$l_{4,k} = \frac{1}{M_k}\left[\Phi_{p,k}\bar{\bar{F}}_k\,\alpha - F_k\Phi_k\bar{\bar{F}}\cdot\frac{\beta_0 - \beta_1 + 1}{\beta -_0 \beta_1}\left(1 - \sum_{s=1}^{6}\frac{\xi_{s,k}}{\mu_{s,k} - \beta_1 + 1}\right)\right] + \xi_{4,k};$$

$$l_{s,k} = \frac{\xi_{s,k}}{M_k}\left[M_k - F_k\Phi_k\bar{\bar{F}}\cdot\frac{\beta_0 - \beta_1 + 1}{\beta -_0 \beta_1}\left(\frac{1}{\mu_{s,k} - \beta_0 + 1} + \frac{1}{\mu_{s,k} - \beta_1 + 1}\right)\right];$$

s=1,2,3,4,5,6,… ; $\qquad \mu_{0,k} = \beta_0, \mu_{7,k} = \beta_0 - 1.$

Таким образом, формулами (8), (10), (11), (15), (16), (17), (18), (19), (20), (21) полностью решается плоская контактная задача теории ползучести об изгибе трехслойных балочных плит, взаимодействующих с деформируемым упругоползучим основанием.

Литература

1 Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики.-М.:Наука, 1972.
2 Ширинкулов Т.Ш. Методы расчета конструкции на сплошном основании с учетом ползучести.-Ташкент:Фан, 1969.
3 Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластинки.-М.:Стройиздат, 1986.

Қорытынды

Үйкеліс күші есепке алынған кездегі серпімді-жылжымалы деформациаланатын негізбен байланыстағы серпімді-жылжымалы тақтайдың беттесу есебінің шешімі. Бұл мақалада серпімді-жылжымалы деформациаланатын негізбен байланыста болған серпімді-жылжымалы материалдан жасалған үш қабатты тақтайдың беттесу есебінің шешілу жолы берілген. Шешілу кезінде тақтай мен негіздің арасында пайда болатын жанама реактивті кернеу есепке алынған.

Summary

Solving the aims of contact interachon of thin layer slabs with thin layer deformed basic with effort of stickness. In this paper the way of solving of contact task of crawling theory because of three layer beam bending, which is made of elastico-clawling material which interacts with elastico-crawling deforming foundation taking into account tangent neactive stress between a slab and foundation is offered.