Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева
Серия: Механика предельного состояния. 2023. № 1 (55). С. 46–51

С. В. Матвеев[1], *А. Н. Матвеева*[2], *А. Х. Александров*[1]

УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЫ, ОСЛАБЛЕННОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ПОЛОСТЬЮ С УЧЕТОМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

[1] *Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия*

[2] *Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия*

Аннотация. В работе рассмотрено решение задачи определения упругопластического состояния тяжелого пространства, ослабленного отверстием эллиптической формы. Материал среды обладает свойствами анизотропии. Решение задачи выполнялось методом малого параметра. Учет силы тяжести, анизотропных свойств материала и эллиптичности осуществлялся в первом приближении.

Ключевые слова: сила тяжести, анизотропия, упрогопластическое состояние, эллиптичность

DOI: 10.37972/chgpu.2023.55.1.006

УДК: 539.374

Рассмотрим тяжелое пространство ослабленное отверстием, материал пространства будем считать идеальнопластическим, обладающим анизотропией. Для данного тела, согласно [1, 2] будут иметь место следующие уравнения равновесия:

$$\begin{gathered}\frac{\partial\sigma_\rho}{\partial\rho}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial\tau_{\rho\theta}}{\partial\theta}+\frac{\sigma_\rho-\sigma_\theta}{\rho}=\gamma\sin\theta,\\ \frac{\partial\tau_{\rho\theta}}{\partial\rho}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial\sigma_\theta}{\partial\theta}+\frac{2\tau_{\rho\theta}}{\rho}=\gamma\cos\theta.\end{gathered} \tag{1}$$

Матвеев Сергей Владимирович
`e-mail:` sergio2100@mail.ru, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры компьютерных технологий, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия.
Матвеева Алёна Николаевна
`e-mail:` roshtova@mail.ru, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и физики, Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия.
Александров Андрей Харитонович
`e-mail:` aax13@list.ru, кандидат экономических наук, доцент кафедры компьютерных технологий, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия.

Поступила 10.12.2022

где $\sigma_\rho, \sigma_\theta, \tau_{\rho\theta}$ – компоненты напряжения, γ – массовая сила. Будем считать, что контур отверстия, ослабляющего рассматриваемое пространство, обладает небольшой эллиптичностью и он может быть описан в виде выражения

$$\frac{x^2}{a^2(1+\varepsilon)^2} + \frac{y^2}{a^2(1-\varepsilon)^2} = 1. \tag{2}$$

Примем, что $\varepsilon = \delta d_1,\ 0 \leqslant d_1 \leqslant 1$. В частном случае, при значении $\varepsilon = 0$, будет иметь место случай кругового отверстия радиуса a. Решение будем искать в полярной системе координат используя метод возмущения по малому параметру, для этого все величины, указывающие длину приведем к безразмерному виду поделив их на радиус упругопластической зоны ρ_s^0 в нулевом приближении. Выражение (2) в полярной системе координат примет вид

$$\begin{aligned} \rho = \tfrac{\alpha(1-\delta^2 d_1^2)}{\sqrt{1-2\delta d_1\cos 2\theta+\delta^2 d_1^2}} = \alpha\left[-1 + \delta d_1\cos 2\theta - \tfrac{3}{4}\delta^2 d_1^2(1-\cos 4\theta) + \right.\\ \left. + \tfrac{5}{8}\delta^3 d_1^3(\cos 2\theta + \cos 6\theta)\right] + ...,\ \rho = \tfrac{1}{\rho_s^0},\ \alpha = \tfrac{a}{\rho_s^0},\ \alpha = 1. \end{aligned} \tag{3}$$

где δ – малый параметр. Анизотропные свойства материала укажем в условии пластичности аналогично работе [2]:

$$A(\sigma_\rho^p - \sigma_\theta^p)^2 + 4B{\tau_{\rho\theta}^p}^2 = 4k^2; \quad k - const, \tag{4}$$

где A, B – константы анизотропии материала. Будем считать, что в нулевом приближении материал является изотропным, анизотропные свойства будем учитывать в первом приближении.

$$A = 1 + a\delta, \quad B = 1 + b\delta;\ a, b - const. \tag{5}$$

Решение будем искать согласно [2–7] разложением в ряд по малому параметру δ

$$\begin{aligned} &\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^{(0)} + \delta\sigma'_{ij} + \delta^2\sigma''_{ij} + ...,\\ &\rho_s = \rho_s^0 + \delta\rho'_s + \delta^2\rho''_s + ...,\ q = \delta c_1,\\ &\gamma = \delta c_2;\ \ c_1, c_2 - const. \end{aligned} \tag{6}$$

В нулевом приближении на бесконечном удалении от центра отверстия в материале будет действовать гидростатическое давление

$$\sigma_\rho^{(0)\mathrm{e}}|_{\rho\to\infty} = -p\ . \tag{7}$$

Согласно (1), (3) – (7) для нулевого приближения в пластической области будет справедливо:

$$\sigma_\rho^{(0)p} = -p_0 + 2\ln\frac{\rho}{\alpha}, \quad \sigma_\theta^{(0)p} = -p_0 + 2\left(1 + \ln\frac{\rho}{\alpha}\right), \quad \tau_{\rho\theta}^{(0)p} = 0. \tag{8}$$

Тогда в упругой области получим следующие выражения:

$$\sigma_\rho^{(0)\mathrm{e}} = -p - \frac{1}{\rho^2}, \quad \sigma_\theta^{(0)\mathrm{e}} = -p + \frac{1}{\rho^2}, \quad p + 1 = 2\ln\alpha. \tag{9}$$

Согласно (1), (4) – (6), (8), (9) для первого приближения будет справедлива система уравнений

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial {\sigma'}_\rho}{\partial\rho}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial {\tau'}_{\rho\theta}}{\partial\theta}+\frac{{\sigma'}_\rho-{\sigma'}_\theta}{\rho}=c_2\sin\theta,\\
&\frac{\partial {\tau'}_{\rho\theta}}{\partial\rho}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial {\sigma'}_\theta}{\partial\theta}+\frac{2{\tau'}_{\rho\theta}}{\rho}=c_2\cos\theta,\\
&\left({\sigma'}^p_\theta-{\sigma'}^p_\rho\right)=ak.
\end{aligned} \tag{10}$$

Частным решением неоднородного уравнения является

$$\begin{aligned}
&{\sigma'}_{\rho_1}=ak\ln\rho+\tfrac{ak}{2}+\tfrac{5c_2-c_1}{4}\rho\sin\theta-\tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\rho\sin 3\theta,\\
&{\sigma'}_{\theta_1}=ak\ln\rho+\tfrac{3}{2}ak+\tfrac{7c_2-3c_1}{4}\rho\sin\theta+\tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\rho\sin 3\theta,\\
&{\tau'}_{\rho\theta_1}=-\tfrac{c_2-c_1}{4}\rho\cos\theta-\tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\rho\cos 3\theta.
\end{aligned} \tag{11}$$

Общее решение для пластической области в первом приближении согласно [4] будет иметь вид

$$\begin{aligned}
&{\sigma'}^{\mathrm{p}}_\rho=ak\ln\rho+\tfrac{ak}{2}+\tfrac{5c_2-c_1}{4}\rho\sin\theta+\tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\rho\sin 3\theta+C_{00}+\tfrac{C_{12}}{\rho}\sin\theta+\\
&+\tfrac{1}{\rho}\left[\left(C_{31}(-8)+\sqrt{8}C_{32}\right)\cos\left(\sqrt{8}\ln\rho\right)+\right.\\
&\left.\left(-\sqrt{8}C_{31}+C_{32}(-8)\right)\sin\left(\sqrt{8}\ln\rho\right)\right]\cdot\sin 3\theta+\\
&+\tfrac{2d_1\alpha}{\rho}\left[\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\rho}{\alpha}\right)-\cos\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\rho}{\alpha}\right)\right]\cos 2\theta,\\
&{\sigma'}^{\mathrm{p}}_\theta=ak\ln\rho+\tfrac{3}{2}ak+\tfrac{7c_2-3c_1}{4}\rho\sin\theta+\tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\rho\sin 3\theta+\\
&+C_{00}+\tfrac{C_{12}}{\rho}\sin\theta+\tfrac{1}{\rho}\left[\left(C_{31}(-8)+\sqrt{8}C_{32}\right)\cos\left(\sqrt{8}\ln\rho\right)+\right.\\
&+\left.\left(-\sqrt{8}C_{31}+C_{32}(-8)\right)\sin\left(\sqrt{8}\ln\rho\right)\right]\cdot\sin 3\theta+\\
&+\tfrac{2d_1\alpha}{\rho}\left[\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\rho}{\alpha}\right)-\cos\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\rho}{\alpha}\right)\right]\cos 2\theta,\\
&{\tau'}^{\mathrm{p}}_{\rho\theta}=-\tfrac{c_2-c_1}{4}\rho\cos\theta-\tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\rho\cos 3\theta-\tfrac{C_{12}}{\rho}\cos\theta-\tfrac{4d_1\alpha}{\rho}\cos\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\rho}{\alpha}\right)\sin 2\theta-\\
&-\tfrac{1}{\rho}\left[3\sqrt{8}\left\{C_{32}\cos\left(\sqrt{8}\ln\rho\right)-C_{31}\sin\left(\sqrt{8}\ln\rho\right)\right\}\cos 3\theta\right],
\end{aligned} \tag{12}$$

где

$$\begin{aligned}
&a_{11}=-8\cos\left(\sqrt{8}\ln\alpha\right)-\sqrt{8}\sin\left(\sqrt{8}\ln\alpha\right), \quad b_1=-\tfrac{3(c_2-c_1)\alpha^2}{4},\\
&a_{12}=\sqrt{8}\cos\left(\sqrt{8}\ln\alpha\right)-8\sin\left(\sqrt{8}\ln\alpha\right), \quad b_2=\tfrac{3(c_2-c_1)\alpha^2}{4},\\
&C_{00}=-a\ln\alpha-\tfrac{ak}{2},\ \mathrm{C}_{31}=\tfrac{a_{22}b_1-a_{12}b_2}{a_{11}a_{22}-a_{12}a_{21}},\ C_{32}=\tfrac{a_{11}b_2-a_{21}b_1}{a_{11}a_{22}-a_{12}a_{21}}.
\end{aligned}$$

Поскольку компоненты ${\sigma}'_\rho, {\tau}'_{\rho\theta}$ на границе пластической области ($\rho=1$) непрерывны, то из (12) получим

$$\begin{aligned}
&{\sigma'}^{\mathrm{p}}_\rho={\sigma'}^{\mathrm{e}}_\rho=-ak\ln\alpha+\tfrac{5c_2-c_1}{4}\sin\theta-\tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\sin 3\theta+\\
&+C_{12}\sin\theta+\left(C_{31}(-8)+\sqrt{8}C_{32}\right)\cdot\sin 3\theta,\\
&{\sigma'}^{\mathrm{p}}_\theta={\sigma'}^{\mathrm{e}}_\theta=-2ak\ln\alpha+Ak+\tfrac{7c_2-3c_1}{4}\sin\theta+\tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\sin 3\theta+\\
&+C_{12}\sin\theta+\left(C_{31}(-8)+\sqrt{8}C_{32}\right)\cdot\sin 3\theta,\\
&{\tau'}^{\mathrm{p}}_{\rho\theta}={\tau'}^{\mathrm{e}}_{\rho\theta}=-\tfrac{c_2-c_1}{4}\cos\theta-\tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\cos 3\theta-\\
&-C_{12}\cos\theta-3\sqrt{8}C_{32}\cos 3\theta, \qquad \rho=1.
\end{aligned} \tag{13}$$

Перепишем выражения (13) в виде

$$\begin{aligned}
&{\sigma'}^{\mathrm{e}}_\rho={b''}_0+{b''}_1\sin\theta+a_2\cos 2\theta+{b''}_3\sin 3\theta,\\
&{\tau'}^{\mathrm{e}}_{\rho\theta}={a'''}_1\cos\theta+a_2\cos 2\theta+{a'''}_3\cos 3\theta,\ \rho=1,
\end{aligned} \tag{14}$$

где

$$
\begin{aligned}
&a'''_1 = -\left(C_{12} + \tfrac{c_2-c_1}{4}\right), \quad a'''_3 = -\left(3\sqrt{8}C_{32} + \tfrac{3(c_2-c_1)}{4}\right),\\
&a_2 = \tfrac{2d_1\alpha}{\rho}\left[\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\rho}{\alpha}\right) - \cos\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\rho}{\alpha}\right)\right],\\
&b''_0 = -ak\ln\alpha, \quad b''_1 = C_{12} + \tfrac{5c_2-c_1}{4}, \quad b''_3 = -8C_{31} + \sqrt{8}C_{32} + \tfrac{3(c_2-c_1)}{4}.
\end{aligned}
$$

Согласно (14) компоненты напряжения в упругой области в первом приближении, запишем в виде [1]

$$
\begin{aligned}
&\sigma'^e_\rho = \tfrac{c_1+3c_2}{4}\rho\sin\theta + \tfrac{c_1-c_2}{4}\rho\sin 3\theta + \Big[\tfrac{\rho}{\beta}\tilde{b}_1 +\\
&+\tfrac{(3m+1)\beta}{4m(\beta^2+1)}\left(\tilde{b}_1 + \tilde{a}'_1\right)\left(\tfrac{1+\beta^2}{\rho} - \tfrac{\beta^2}{\rho^3} - \rho\right) + \tfrac{1}{\beta^4-1}\left(\tilde{b}_1 - \tilde{b}''_1\beta\right)\left(\tfrac{\rho}{\beta} - \tfrac{\beta^3}{\rho^3}\right)\Big]\sin\theta +\\
&+\tfrac{1}{2N}\Big\{3\left[2 - 3\beta^2 + \beta^{-6}\right]\rho + 3\left[4 - 3\beta^2 - \beta^6\right]\rho^{-5} +\\
&+\left[4 - 3\beta^{-2} - \beta^{-6}\right]\rho^3 + 5\left[2 - 3\beta^{-2} + \beta^6\right]\rho^{-3}\Big\}\cdot\tilde{b}''_3\sin 3\theta +\\
&+\tfrac{1}{2N}\Big\{\left[-10 + 9\beta^2 + \beta^{-6}\right]\rho + \left[4 + 6\beta^6 - 9\beta^2\right]\rho^{-5} +\\
&+\left[-4 + 5\beta^{-2} - \beta^{-6}\right]\rho^3 + \left[10 - 5\beta^{-2} - 5\beta^6\right]\rho^{-3}\Big\}\cdot(-\tilde{a}'''_3\sin 3\theta) +\\
&+\tfrac{1}{\beta^2-1}\left(-\tilde{b}''_0 + \tfrac{\beta^2}{\rho^2}\tilde{b}''_0\right) + d_1\alpha\left[(2+\beta^2) + 3\beta^2\tfrac{1}{\rho^4} - 2(1-2\beta^2)\tfrac{1}{\rho^2}\right]\cos\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\beta}{\alpha}\right)\Big\}\cos 2\theta,\\
&\sigma'^e_\theta = \tfrac{3c_1+c_2}{4}\rho\sin\theta - \tfrac{c_1-c_2}{4}\rho\sin 3\theta + \Big[\tfrac{3\rho}{\beta}b_1 +\\
&+\tfrac{(3m+1)\beta}{4m(\beta^2+1)}(b_1 + a'_1)\left(-\tfrac{m-1}{3m+1}\cdot\tfrac{1+\beta^2}{\rho} + \tfrac{\beta^2}{\rho^3} - 3\rho\right) +\\
&+\tfrac{1}{\beta^4-1}(b_1 - b''_1\beta)\left(\tfrac{3\rho}{\beta} + \tfrac{\beta^3}{\rho^3}\right)\Big]\sin\theta +\\
&+\tfrac{1}{2N}\Big\{3\left[-2 + 3\beta^2 - \beta^{-6}\right]\rho + 3\left[-4 + 3\beta^2 + \beta^6\right]\rho^{-5} +\\
&+5\left[-4 + 3\beta^{-2} + \beta^{-6}\right]\rho^3 + \left[-2 + 3\beta^{-2} - \beta^6\right]\rho^{-3}\Big\}\cdot b''_3\sin 3\theta +\\
&+\tfrac{1}{2N}\Big\{\left[10 - 9\beta^2 - \beta^{-6}\right]\rho + \left[-4 - 6\beta^6 + 9\beta^2\right]\rho^{-5} +\\
&+5\left[4 - 5\beta^{-2} + \beta^{-6}\right]\rho^3 + \left[-2 + \beta^{-2} + \beta^6\right]\rho^{-3}\Big\}\cdot(-a'''_3\sin 3\theta) +\\
&+\tfrac{1}{\beta^2-1}\left(-b''_0 - \tfrac{\beta^2}{\rho^2}b''_0\right) + d_1\alpha\left[(2+\beta^2) + 3\beta^2\tfrac{1}{\rho^4} - 6\rho^2\right]\cos\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\beta}{\alpha}\right)\Big\}\cos 2\theta,\\
&\tau'^e_{\rho\theta} = \tfrac{c_2-c_1}{4}\rho(\cos\theta - \cos 3\theta) - \Big[\tfrac{\rho}{\beta}b_1 + \tfrac{(3m+1)\beta}{4m(\beta^2+1)}(b_1 + a'_1)\times\\
&\times\left(-\tfrac{m-1}{3m+1}\cdot\tfrac{1+\beta^2}{\rho} - \tfrac{\beta^2}{\rho^3} - \rho\right) + \tfrac{1}{\beta^4-1}(b_1 - b''_1\beta)\left(\tfrac{\rho}{\beta} - \tfrac{\beta^3}{\rho^3}\right)\Big]\cos\theta +\\
&+\tfrac{1}{2N}\Big\{3\left[-2 + 3\beta^2 - \beta^{-6}\right]\rho + 3\left[4 - 3\beta^2 - \beta^6\right]\rho^{-5} +\\
&+3\left[-4 + 3\beta^{-2} + \beta^{-6}\right]\rho^3 + 3\left[2 - 3\beta^{-2} + \beta^6\right]\rho^{-3}\Big\}\cdot(-b''_3\cos 3\theta) +\\
&+\tfrac{1}{2N}\Big\{\left[10 - 9\beta^2 - \beta^{-6}\right]\rho + \left[4 - 9\beta^2 + 6\beta^6\right]\rho^{-5} +\\
&+\left[12 - 15\beta^{-2} + 3\beta^{-6}\right]\rho^3 + \left[6 - 3\beta^{-2} - 3\beta^6\right]\rho^{-3}\Big\}\cdot a'''_3\cos 3\theta +\\
&+d_1\alpha\left[(2+2\beta^2) - 3\beta^2\tfrac{1}{\rho^4} - 3\rho^2 + (1+2\beta^2)\tfrac{1}{\rho^2}\right]\cos\left(\sqrt{3}\ln\tfrac{\beta}{\alpha}\right)\Big\}\sin 2\theta,
\end{aligned}
\tag{15}
$$

где $N = 16 - 9(\beta^{-2} + \beta^2) + (\beta^{-8} + \beta^8)$, $m = \frac{1}{\mu}$, μ – коэффициент Пуассона. Из условий сопряжения [4], согласно (8), (15), получим

$$\rho'_s = M + M_1\sin\theta + M_2\cos 2\theta + M_3\sin 3\theta, \tag{16}$$

где

$$M = \frac{\left(-b''_0-\beta^2 b''_0\right)}{4(\beta^2-1)} + \frac{ak}{4}\left(\ln\alpha - 1\right)$$
$$M_1 = \frac{1}{4}\left[\frac{b_1}{\beta} + \frac{(3m+1)\beta}{4m(\beta^2+1)}\left(b_1 + a'_1\right)\left(-\frac{m-1}{3m+1}\cdot\left(1+\beta^2\right)+\beta^2-3\right)\right.$$
$$\left.+\frac{1}{\beta^4-1}\left(b_1 - b''_1\beta\right)\left(\frac{3}{\beta}+\beta^3\right) - \frac{3(c_2-c_1)}{2} - C_{12}\right],$$
$$M_2 = \frac{2\beta^2}{\beta^2-1}\left[\frac{d_2}{\beta^3} + \frac{2\sqrt{3}d_1\alpha}{\beta^2-1}\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\beta}{\alpha}\right) + d_1\alpha\frac{(\beta^2+1)}{\beta^2}\cos\left(\sqrt{3}\ln\frac{\beta}{\alpha}\right)\right],$$
$$M_3 = \frac{1}{8N}\left\{\left[-40+18\beta^2+18\beta^{-2}+2\beta^6+2\beta^{-6}\right]\cdot b''_3 -\right.$$
$$\left.-\left[24-24\beta^{-2}-5\beta^6+4\beta^{-6}\right]\cdot a'''_3 - \frac{c_2-c_1}{2} + 16C_{31} - 2\sqrt{8}C_{32}\right\}.$$

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ивлев Д. Д. Ершов Л. В. етод возмущений в теории упругопластического тела. Наука: Москва, 1978. 208 с.

[2] С.В. Матвеев. Упругопластическое состояние анизотропной среды, ослабленной горизонтальной цилиндрической полостью, с учетом силы тяжести // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2007. № 3-1(55). С. 12–18.

[3] Матвеев С.В. Матвеева А.Н. Рыбакова Т.И. Равномерное растяжение тонкой анизотропной пластины, ослабленной эллиптическим отверстием, при условии сопротивления отрыву // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2017. № 4(34). С. 59–65.

[4] Матвеев С.В. Матвеева А.Н. Тихонов С.В. Равномерное растяжение тонкой анизотропной пластины с круговым отверстием, подкрепленной включением, при условии сопротивления отрыву // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2017. № 4(34). С. 95–103.

[5] Ефремов В.Г. Матвеев С.В. Матвеева А.Н. Тихонов С.В. Равномерное растяжение тонкой неоднородной пластины с круговым отверстием, при условии предельного сопротивления отрыву // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2019. № 3(41). С. 95–103.

[6] Матвеев С.В. Матвеева А.Н. Тихонов С.В. Равномерное растяжение многослойной тонкой анизотропной пластины с эллиптическим отверстием, при условии сопротивления отрыву // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2019. № 1(39). С. 94–101.

[7] Матвеев С.В. Матвеева А.Н. Двуосное растяжение тонкой пластины из упругопластического материала при условии сопротивления отрыву // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2020. № 4(46). С. 182–189.

S. V. Matveev[1], *A. N. Matveeva*[2], *A. H. Aleksandrov*[1]

THE LIMITING STATE OF BODIES DURING SEPARATION IN THE CASE OF THE GENERAL PLANE PROBLEM

[1] *I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia*

[2] *I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russia*

Abstract. The paper considers the solution of the problem of determining the elastoplastic state of a heavy space weakened by an elliptical hole. The heavy medium material has the properties of anisotropy. The problem was solved by the small parameter method. The force of gravity, anisotropic properties of the material, and ellipticity were taken into account in the first approximation.

Keywords: Plasticity, stresses, ellipticity, gravity, anisotropy.

REFERENCES

[1] Ivlev D.D., V. Ershov L. perturbation method in the theory of elastic-plastic body. Science: Moscow, 1978. 208 c.
[2] Matveev S.V. Elastoplastic state of an anisotropic medium weakened by a horizontal cylindrical cavity, taking into account gravity // Bulletin of the Chuvash state pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev. 2007. № 3-1(55). C. 12–18.
[3] Matveev S.V.and Matveeva A., Rybakova T. Uniform stretching of a thin anisotropic plate weakened by an elliptical hole, subject to pull-off resistance // Bulletin of the Chuvash state pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev Series: Mechanics of Limit State. 2017. no. 4 (34). P. 59–65.
[4] Matveev S.V.and Matveeva A., Tikhonov S. Uniform stretching of a thin anisotropic plate with a circular hole, reinforced by inclusion, subject to pull-off resistance // Bulletin of the Chuvash state pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev Series: Mechanics of Limit State. 2017. no. 4 (34). P. 95–103.
[5] Uniform stretching of a thin non-uniform plate with a circular hole, subject to ultimate pull-off strength / V. Efremov, S. Matveev, A. Matveeva et al. // Bulletin of the Chuvash state pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev Series: Mechanics of Limit State. 2019. no. 3 (41). P. 95–103.
[6] Matveev S., Matveeva A., Tikhonov S. Uniform stretching of a multilayer thin anisotropic plate with an elliptical hole, subject to tear resistance // Bulletin of the Chuvash state pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev Series: Mechanics of Limit State. 2019. no. 1 (39). P. 94–101.
[7] Matveev S.V., Matveeva A.N. Biaxial tension of a thin plate made of elastoplastic material under the condition of resistance to separation // Bulletin of the Chuvash state pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev Series: Mechanics of Limit State. 2020. № 4(46). C. 182–189.

Matveev Sergey Vladimirovich, Ph.D. Phys. & Math., Assoc. Professor, I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia.

Matveeva Alena Nikolaevna, Ph.D. Phys. & Math., Assoc. Professor, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russia.

Aleksandrov Andrey Kharitonovich, Ph.D. in Economics, Assoc. Professor, I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia.