ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Մեխանիկա 43, № 1, 1990 Механика

УДК 539.374

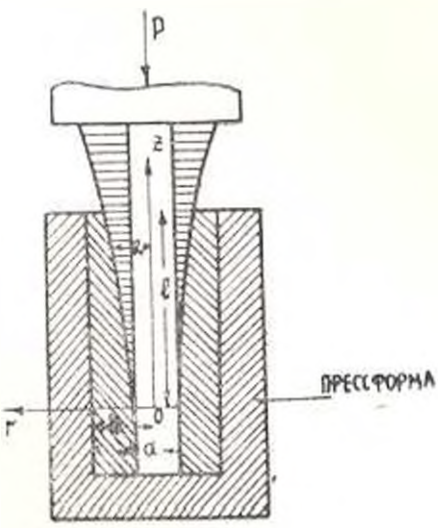
ВНЕДРЕНИЕ ЖЕСТКОГО ЦИЛИНДРА В ЦИЛИНДР, МАТЕРИАЛ КОТОРОГО ПОДЧИНЯЕТСЯ СТЕПЕННОМУ ЗАКОНУ УПРОЧНЕНИЯ

АПИКЯН Ж. Г.

В работах [1—5] рассмотрено внедрение жесткого цилиндрического тела в идеально-пластическую трубу (изотропный и ортотропный случаи).

В настоящей работе рассматривается внедрение (внутреннее и внешнее) жесткого тела, близкого к цилиндрическому, в цилиндр из материала со степенным упрочнением.

1. Пусть в абсолютно жесткой цилиндрической прессформе плотно помещена цилиндрическая труба, материал которого считается несжимаемым и подчиняется степенному закону упрочнения. Внутренний и внешний радиусы трубы соответственно равны a и b. В эту трубу соосно впрессовывается (внутреннее внедрение) цилиндрическая труба из значительно более твердого материала с переменным внешним радиусом $R=R(z)=a+\nu u_1\exp(\nu z/b)$, где ν и u_1—заданные положительные постоянные (фиг. 1). Материал этой трубы считается недеформируемым.



Фиг. 1

Задача решается в цилиндрической системе координат r, θ, z, закрепленной с жесткой трубой так, чтобы плоскость $z=0$ прошла через входное торцевое сечение, а положительное направление оси Oz по оси труб против направления движения. Торец $z=l$ трубы считаем свободным от внешних сил. Тогда компоненты перемещения u, w в направлениях r, z не зависят от θ, а $v=0$.

Уравнения равновесия, соотношения между компонентами деформаций, перемещений и напряжений, закон упрочнения имеют вид

$$\frac{\partial\sigma_r}{\partial r}+\frac{\partial\tau_{rz}}{\partial z}+\frac{\sigma_r-\sigma_\theta}{r}=0,\quad \frac{\partial\tau_{rz}}{\partial r}+\frac{\partial\sigma_z}{\partial z}+\frac{\tau_{rz}}{r}=0 \tag{1.1}$$

$$\varepsilon_r=\frac{\partial u}{\partial r},\quad \varepsilon_\theta=\frac{u}{r},\quad \varepsilon_z=\frac{\partial w}{\partial z},\quad \gamma_{rz}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial r}\right) \tag{1.2}$$

$$\sigma_r-\sigma=L\varepsilon_r,\quad \sigma_\theta-\sigma=L\varepsilon_\theta,\quad \sigma_z-\sigma=L\varepsilon_z,\quad \tau_{rz}=L\gamma_{rz},\quad \sigma_i=k\varepsilon_i^m \tag{1.3}$$

где

$$\sigma_i=\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_r-\sigma_\theta)^2+(\sigma_\theta-\sigma_z)^2+(\sigma_z-\sigma_r)^2+6\tau_{rz}^2}$$

$\varepsilon_i=\frac{2}{\sqrt{3}}\sqrt{\varepsilon_r^2+\varepsilon_r\varepsilon_\theta+\varepsilon_\theta^2+\gamma_{rz}^2}$ — интенсивности напряжений и деформаций,

$L=2\sigma_i/(3\varepsilon_i)$, $\sigma=\frac{1}{3}(\sigma_r+\sigma_\theta+\sigma_z)$

Компоненты перемещений ищем в виде

$$u=\nu f\exp(\nu z),\quad w=-\frac{\varphi}{r}\exp(\nu z) \tag{1.4}$$

где $f=f(r)$, $\varphi=(rf)'$, ν — постоянная, штрих обозначает производную по r.

Тогда

$$\varepsilon_r=\nu f'\exp(\nu z),\quad \varepsilon_\theta=\frac{\nu f}{r}\exp(\nu z),\quad \varepsilon_z=-\frac{\nu\varphi}{r}\exp(\nu z) \tag{1.5}$$

$$\gamma_{rz}=\frac{T}{2}\exp(\nu z),\quad L=k_1e_0^{\frac{m-1}{2}}\exp((m-1)\nu z),\quad \varepsilon_i=\frac{2}{\sqrt{3}}\sqrt{e_0}\exp(\nu z)$$

где

$$T=\nu^2f-\left(\frac{\varphi}{r}\right)',\quad e_0=\nu^2\left(f'^2+\frac{f^2}{r^2}+\frac{ff'}{r}\right)+\frac{T^2}{4},\quad k_1=2^m3^{-\frac{m+1}{2}}k$$

Из соотношений (1.2) и (1.5) получаем

$$\sigma_\theta=\sigma_r-\nu k_1\omega\left(f'-\frac{f}{r}\right)\exp(m\nu z),\quad \sigma_z=\sigma_r-\nu k_1\omega\left(f'+\frac{\varphi}{r}\right)\exp(m\nu z)$$

$$\tau_{rz}=0.5k_1\omega T\exp(m\nu z) \tag{1.6}$$

где $\omega=\omega(r)=e_0^{\frac{m-1}{2}}$.

Из (1.1) и (1.6) следует

$$\sigma_r=H(z)-\nu k_1\exp(m\nu z)\int_a^r\omega\left(\frac{m}{2}T+\left(\frac{f}{r}\right)'\right)dr \tag{1.7}$$

Из соотношений (1.1), (1.6), (1.7) находим неизвестную функцию $H(z)$ и для функции f получаем обыкновенное дифференциальное уравнение четвертого порядка

$$H(z)=\nu k_1C_1\exp(m\nu z)$$

$$(\omega T)'' - m\nu^2\omega\left(mT + 2\left(\frac{f}{r}\right)'\right) - 2m\nu^2\left(\omega\left(\frac{\varphi}{r} + f'\right)\right)' + \left(\frac{\omega T}{r}\right)' = 0 \qquad (1.8)$$

где C_1—постоянная.

Граничные условия имеют вид

$$\tau_{rz}(a, z)=\mu_1\sigma_r(a, z), \quad \tau_{rz}(b, z)=\mu_2\sigma_r(b, z) \qquad (1.9)$$

$$u(b, z)=0, \quad u(a, z)=u_1 \exp(\nu z/b) \qquad (1.10)$$

где μ_1 и μ_2—коэффициенты трения.

Кроме того, на торце $z=l$ должно удовлетворяться условие

$$\int_a^b \sigma_z(r, l) r\,dr = 0 \qquad (1.11)$$

Введем безразмерные переменные

$$u_0=\frac{u_1}{b}, \quad \nu=\lambda b, \quad \rho=\frac{r}{b}, \quad \rho_0=\frac{a}{b}, \quad \zeta=\frac{z}{b}, \quad \zeta_0=\frac{l}{b}$$

$$u(r, z)=bu^*(\rho, \zeta), \quad w(r, z)=bw^*(\rho, \zeta), \quad \tau_{rz}(r, z)=k_1\tau^*_{rz}(\rho, \zeta) \qquad (1.12)$$

$$\sigma_r(r, z)=k_1\sigma^*_r(\rho, \zeta), \quad \sigma_\theta(r, z)=k_1\sigma^*_\theta(\rho, \zeta), \quad \sigma_z(r, z)=k_1\sigma^*_z(\rho, \zeta)$$

$$f(r)=b^2 f^*(\rho), \quad R(z)=bR^*(\zeta), \quad C_1=bC_1^*$$

Дифференциальное уравнение (1.8) четвертого порядка можно заменить системой из четырех дифференциальных уравнений первого порядка. В безразмерных величинах она имеет вид

$$\frac{df^*}{d\rho}=\frac{\rho\varphi^*-f^*}{2\rho}, \quad \frac{d\varphi^*}{d\rho}=\frac{3+4\nu^2\rho^2}{2\rho^2}f^* - \frac{\varphi^*}{2\rho} - 2T^*$$

$$\frac{dF^*}{d\rho}=m\nu^2\omega^*\left(mT^* + \frac{\rho\varphi^*-3f^*}{\rho^3}\right) \qquad (1.13)$$

$$\frac{dT^*}{d\rho}=\frac{1}{Q^*}\Bigg(8\rho F^*\left(\frac{T^{*2}}{4}+\nu^2\frac{3f^{*2}+\rho^2\varphi^{*2}}{4\rho^2}\right)^{\frac{3-m}{2}} + 2(1-m)\nu^2\rho(2\nu^2\rho^2+3)f^*\varphi^*T^* -$$

$$-3(5-3m)\nu^2 f^{*2}T^* - (3-m)\nu^2\rho^2\varphi^{*2}T^* + 4(2m-1)\nu^2\rho^3\varphi^*T^{*2} -$$

$$-2\rho^2T^{*3} + 4m\nu^4\rho\varphi^*(3f^{*2}+\rho^2\varphi^{*2})\Bigg)$$

где

$$\varphi^*=\frac{\varphi}{b}-2f^{*\prime}+\frac{f^*}{\rho}, \quad T^*=T-\nu^2 f^*-\left(\frac{(\rho f^*)'}{\rho}\right)'$$

$$\omega^*=(e_0^*)^{\frac{m-1}{2}}=\omega, \quad e_0^*=e_0=\nu^2\frac{3f^{*2}+\rho^2\varphi^{*2}}{4\rho^2}+\frac{T^{*2}}{4}$$

(1.14)

$$F^* = \nu F = (T^*\omega^*)' - 2m\nu^2\varphi^*\omega^* + T^*\omega^*/\rho$$

$$Q^* = \nu^{-3}Q = 2\rho(\nu^2(3f^{*2} + \rho^2\varphi^{*2}) + m\rho^2 T^{*2})$$

Используя соотношения (1.6), (1.7), (1.12), (1.14), можно найти безразмерные компоненты напряжений

$$\sigma_r^* = \nu(C_1^* + \sigma_1(\rho))\exp(m\omega), \qquad \sigma_\theta^* = \nu\left(C_1^* - \omega^*\frac{\rho\varphi^* - 3f^*}{2\rho} + \sigma_1(\rho)\right)\exp(m\omega)$$

$$\sigma_z^* = \nu(C_1^* - \varphi^*\omega^* + \sigma_1(\rho))\exp(m\omega), \quad \tau_{r\theta} = 0.5T^*\omega^*\exp(m\omega) \qquad (1.15)$$

где

$$\sigma_1(\rho) = 0.5\int_\rho^1 \omega^*\left(\frac{3f^*}{\rho^2} - \frac{\rho\varphi^*}{\rho^2} - mT^*\right)d\rho$$

$$C_1^* = \frac{0.5}{1-\rho_0^2}\int_{\rho_0}^1 \omega^*\left(3\left(1-\frac{1}{\rho^2}\right)f^* + \left(3+\frac{1}{\rho^2}\right)\rho\varphi^* + m(1-\rho^2)T^*\right)d\rho \qquad (1.16)$$

Значение C_1^* в (1.16) получается из условия (1.11).

Граничные условия в безразмерных величинах имеют вид

$$T^*(\rho_0)\omega^*(\rho_0) = 2\mu_1\nu C_1^*, \quad T^*(1)\omega^*(1) = 2\mu_2\nu(C_1^* + \sigma_1(1)), \quad f^*(1) = 0, \quad f^*(\rho_0) = u_0 \qquad (1.17)$$

2. При малом значении параметра ν положим

$$f^* = \bar f, \; \varphi^* = \bar\varphi, \; T^* = \nu\bar T, \; F^* = \nu^2\bar F, \; e_0^* = \nu^2\bar e_0, \; Q^* = \nu^3\bar Q, \; C_1 = \nu^{m-1}\bar C_1 \qquad (2.1)$$

где

$$\bar f = f_0 + \nu f_1 + \nu^2 f_2 + \dots; \quad \bar\varphi = \varphi_0 + \nu\varphi_1 + \nu^2\varphi_2 + \dots$$

$$\bar T = T_0 + \nu T_1 + \nu^2 T_2 + \dots; \quad \bar F = F_0 + \nu F_1 + \nu^2 F_2 + \dots$$

$$\bar e_0 = \frac{3\bar f^2 + \rho^2\bar\varphi^2}{4\rho^2} + \frac{\bar T^2}{4} = e_{00} + \nu e_{01} + \nu^2 e_{02} + \dots \qquad (2.2)$$

$$\bar Q = 2\rho(3\bar f^2 + \rho^2\bar\varphi^2 + m\rho^2\bar T^2) = Q_0 + \nu Q_1 + \nu^2 Q_2 + \dots$$

$$\bar C_1 = \frac{0.5}{1-\rho_0^2}\int_{\rho_0}^1 \bar\omega\left(3\left(1-\frac{1}{\rho^2}\right)\bar f + \left(3+\frac{1}{\rho^2}\right)\rho\bar\varphi + m\nu(1-\rho^2)\bar T\right)d\rho =$$

$$= C_{10} + \nu C_{11} + \nu^2 C_{12} + \dots; \quad \bar\omega = \bar e_0^{\frac{m-1}{2}}$$

Учитывая соотношения (2.2), при $\nu = 0$ из (1.13) и (1.17) получим систему дифференциальных уравнений

$$\frac{df_0}{d\rho} = \frac{\rho\varphi_0 - f_0}{2\rho}; \quad \frac{d\varphi_0}{d\rho} = \frac{3f_0 - \rho\varphi_0}{2\rho^2}; \quad \frac{dF_0}{d\rho} = 0 \qquad (2.3)$$

$$\frac{dT_0}{d\rho}=\frac{1}{Q_0}\left(8\rho^3F_0\omega_0+6(1-m)\rho f_0\varphi_0T_0-3(5-3m)f_0^2T_0-(3-m)\rho^2\varphi_0^2T_0-2\rho^2T_0^3\right)$$

и граничные условия

$$\begin{gathered} f_0(1)=0;\quad f_0(\rho_0)=u_0;\quad T_0(\rho_0)\omega_0(\rho_0)=2\mu_1C_{10} \\ T_0(1)\omega_0(1)=\mu_2\left(2C_{10}+\int\limits_{\rho_0}^{1}\omega_0\frac{3f_0-\rho\varphi_0}{\rho^2}\,d\rho\right) \end{gathered} \tag{2.4}$$

где

$$e_{00}=\frac{3f_0^2-\rho^2\varphi_0^2}{\rho^2}+\frac{T_0^2}{4},\quad Q_0=2\rho(3f_0^2+\rho^2\varphi_0^2+m\rho^2T_0^2)$$

$$C_{10}=\frac{0{,}5}{1-\rho_0^2}\int\limits_{\rho_0}^{1}\omega_0\left(3\left(1-\frac{1}{\rho^2}\right)f_0+\left(3+\frac{1}{\rho^2}\right)\rho\varphi_0\right)d\rho;\quad \omega_0=e_{00}^{\frac{m-1}{2}} \tag{2.5}$$

Решая первые три уравнения системы (2.3) и удовлетворяя первым двум граничным условиям (2.4), находим

$$f_0=C_3\left(\frac{1}{\rho}-\rho\right),\quad \varphi_0=-C_4\left(3+\frac{1}{\rho^2}\right),\quad F_0=2C_4 \tag{2.6}$$

где $C_3=\rho_0u_0/(1-\rho_0^2)$, C_4—произвольная постоянная.

Подставляя (2.6) в последнее уравнение системы (2.3) и сделав необходимые упрощения, получим нелинейное дифференциальное уравнение для T_0

$$\frac{dT_0}{d\rho}=\frac{2C_4\rho\left(C_3^2\left(3+\frac{1}{\rho^4}\right)+\frac{T_0^2}{4}\right)^{\frac{3-m}{2}}-C_3^2\left(3+\frac{3-2m}{\rho^4}\right)T_0-\frac{T_0^3}{4}}{\rho\left(C_3^2\left(3+\frac{1}{\rho^4}\right)+m\frac{T_0^2}{4}\right)} \tag{2.7}$$

интеграл которого имеет вид

$$C_3^2\left(3+\frac{1}{\rho^4}\right)+\frac{T_0^2}{4}=\left(\frac{\rho T_0}{C_5+C_4\rho^2}\right)^{\frac{2}{1-m}} \tag{2.8}$$

где C_5—произвольная постоянная.

Постоянные C_4 и C_5 определяются из последних двух условий (2.4), которые после подстановки f_0 и φ_0 примут вид

$$\begin{gathered} C_5+C_4\rho_0^2=-\frac{4C_3\mu_1\rho_0}{1-\rho_0^2}\int\limits_{\rho_0}^{1}\left(3+\frac{1}{\rho^4}\right)\frac{C_5+C_4\rho^2}{T_0}\,d\rho \\ C_5+C_4=-\frac{4C_3\mu_2}{1-\rho_0^2}\int\limits_{\rho_0}^{1}\left(3+\frac{\rho_0^2}{\rho^4}\right)\frac{C_5+C_4\rho^2}{T_0}\,d\rho \end{gathered} \tag{2.9}$$

При $m=1$ из (2.8) находим

$$T_0=\frac{C_3+C_4\rho^2}{\rho}\tag{2.10}$$

а условия (2.9) примут вид

$$C_3+C_4\rho_0^2=-2C_4\mu_1(3\rho_0^4+1)\rho_0,\quad C_3-C_4=-8C_4\mu_2\tag{2.11}$$

При $m=0$ получаем

$$T_0=2C_3\sqrt{3+\frac{1}{\rho^4}}\,\frac{C_3+C_4\rho^2}{\sqrt{4\rho^2-(C_3+C_4\rho^2)^2}}\tag{2.12}$$

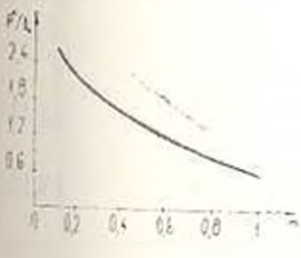
а при $m=0{,}5$

$$T_0=\frac{C_3+C_4\rho^2}{2\sqrt{2}\rho^2}\sqrt{(C_3+C_4\rho^2)^2+\sqrt{(C_3+C_4\rho^2)^4+64C_3(1+3\rho^4)}}\tag{2.13}$$

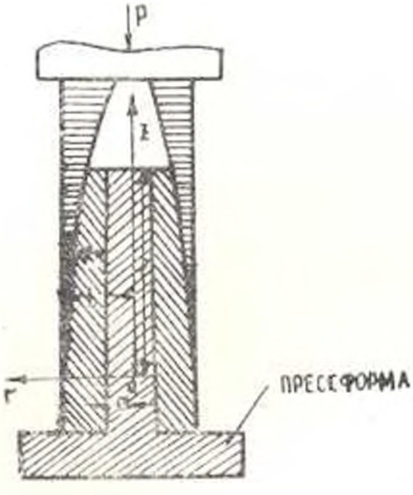
Проведено численное исследование задачи при $\mu_1=0{,}3$; $\mu_2=0{,}2$; $a=10$; $b=12{,}5$; [illegible] 20; [illegible] 0,025 ($\rho_0=1{,}6$; $\rho_0=0{,}5$) для различных значений m: $m=0{,}1$; $0{,}2$; ...; $0{,}9$. Вычислены величины P^*/T_0, где $P^*=P/(k_1 b^2)$, P — сила впрессовывания

$$P=2\pi\int_0^{[illegible]} R^*\sqrt{1+R^{*2}\,\rho'^2}\,[illegible]\left(\rho_0+\nu\left(u_0+\frac{\rho_0 m\rho_0^2}{2}\right)\right)T_0(\rho_0)\,[illegible]$$

$$\sqrt{1+R^{*2}\rho'^2}=[illegible]\tag{2.14}$$



Фиг. 2



Фиг. 3

На фиг. 2 показана зависимость P^*/l от величины m.

3. При внешнем внедрении (фиг. 3) $R^*=1-\nu u_0\exp(-\lambda)$ и граничные условия имеют вид

$$\tau_{rz}(a,z)=\mu_2\sigma_r(a,z),\quad \tau_{rz}(b,z)=\mu_1\sigma_r(b,z)\tag{3.1}$$

$$u(b,z)=-\nu u_1 \exp(\nu z/b), \quad u(a,z)=0 \tag{3.2}$$

Формулы (1.1)—(1.8), (1.11)—(1.16), (2.1)—(2.3), (2.5) имеют место и в этом случае, а остальные формулы изменяются

$$T^*(\rho_0)\omega^*(\rho_0)=2\mu_2\nu C_1^*, \quad T^*(1)\omega^*(1)=2\mu_1\nu(C_1^*+\varphi_1(1)) \tag{3.3}$$

$$f^*(1)=-u_0, \quad f^*(\rho_0)=0$$

$$f_0(1)=-u_0, \quad f_0(\rho_0)=0, \quad T_0(\rho_0)\omega_0(\rho_0)=2\mu_2 C_{10}$$

$$T_0(1)\omega_0(1)=2\mu_1\left(C_{10}+\frac{1}{\rho_0}\int_{\rho_0}^{1}\omega_0\frac{3f_0-\rho\varphi_0}{\rho^2}d\rho\right) \tag{3.4}$$

$$f_0=-C_3\left(\frac{\rho}{\rho_0}-\frac{\rho_0}{\rho}\right), \quad \varphi_0=-C_3\left(\frac{3}{\rho_0}-\frac{\rho_0}{\rho^2}\right), \quad F_0=-2C_4 \tag{3.5}$$

$$e_{00}=C_3^2\left(\frac{3}{\rho_0^2}+\frac{\rho_0^2}{\rho^4}\right)+\frac{T_0^2}{4}, \quad Q_0=8\rho^2\left(C_3^2\left(\frac{3}{\rho_0^2}+\frac{\rho_0^2}{\rho^4}\right)+m\frac{T_0^2}{4}\right) \tag{3.6}$$

$$T_0'=\frac{8\rho^3\left(2C_4 e_{00}^{\frac{3-m}{2}}-C_3^2\left(\frac{3}{\rho_0^2}+(3-2m)\frac{\rho_0^2}{\rho^4}\right)\frac{T_0}{\rho}-\frac{T_0^3}{4\rho}\right)}{Q_0} \tag{3.7}$$

$$C_3^2\left(\frac{3}{\rho_0^2}+\frac{\rho_0^2}{\rho^4}\right)+\frac{T_0^2}{4}=\left(\frac{\rho T_0}{C_5+C_4\rho^2}\right)^{\frac{2}{1-m}} \tag{3.8}$$

$$C_{10}=-\frac{2C_3}{1-\rho_0^2}\int_{\rho_0}^{1}\left(\frac{\rho_0}{\rho^3}+3\frac{\rho}{\rho_0}\right)\omega_0 d\rho \tag{3.9}$$

$$C_5+C_4\rho_0^2=-\frac{4\mu_2 C_3}{1-\rho_0^2}\int_{\rho_0}^{1}\left(\frac{\rho_0^2}{\rho^4}+3\right)\frac{C_5+C_4\rho^2}{T_0}d\rho$$

$$C_5+C_4=-\frac{4\mu_1 C_3}{1-\rho_0^2}\int_{\rho_0}^{1}\left(\frac{3}{\rho_0}+\frac{\rho_0^3}{\rho^4}\right)\frac{C_5+C_4\rho^2}{T_0}d\rho \tag{3.10}$$

Если $m=1$, то

$$T_0=\frac{C_5+C_4\rho^2}{\rho} \tag{3.11}$$

$$C_5+C_4\rho_0^2=-8\mu_2 C_3, \quad C_5+C_4=-2\mu_1 C_3(3+\rho_0^2)/\rho_0 \tag{3.12}$$

INSTILLATION OF A RIGID CYLINDER IN A CYLINDER, THE MATERIAL OF WHICH SUBMITS TO THE POWER LAW OF STRENGTHENING

I. G. APIKIAN

ԿՈՇՏ ԳԼԱՆԻ ՆԵՐԴՐՈՒՄԸ ԱՄՐԱՊՆԴՄԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ՕՐԵՆՔԻՆ ԵՆԹԱՐԿՎՈՂ ԳԼԱՆԻ ՄԵՋ

Ա. Գ. ԱԿՈՊՅԱՆ

Ամփոփում

Դիտարկվում է գլանային մարմնից քիչ տարբերվող կոշտ մարմնի ներդրումը (ներքին և արտաքին) անսեղմելի, աստիճանային ամրապնդմամբ նյութից գլանի մեջ: Խնդիրը տանգենցիալների և խնդրի մեջ մտնող պարամետրի փոքր արժեքի դեպքում խնդրի լուծումը բերվում է ոչ գծային դիֆերենցիալ հավասարման, որի ինտեգրալը գտնված է:

Դիտարկված է թվային օրինակ:

ЛИТЕРАТУРА

1. *Задоян М. А.* Внедрение жесткого цилиндрического тела в идеально-пластическую трубу.—МТТ, 1985, № 5, с. 98—108.
2. *Акопян А. Г., Задоян М. А.* Внедрение жесткого цилиндрического тела в пластически анизотропную трубу.—Изв. АН Арм. ССР. Механика, 1986, т. *39*, № 5, с. 27—36.
3. *Акопян А. Г.* Ввинчивание жесткого цилиндрического тела в пластически анизотропную трубу.—Изв. АН Арм. ССР. Механика, 1986, т. *39*, № 6, с. 25—38.

Институт механики АН Армянской ССР

Поступила в редакцию
1.VI.1988