

Секція: НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН

УДК 621.867.42

І.В. Бельмас, докт. техн. наук, проф.; Д.П. Часов канд. техн. наук, доц.; В.О. Бейгул, канд. техн. наук, доц.; Н.О. Захаров, аспірант; Д.Л. Серілко², канд. техн. наук, доц.

¹Дніпровський державний технічний університет

²Національний університет водного господарства та природокористування

ДО ПИТАННЯ ДЕФОРМУВАННЯ ЕЛЕНТІВ ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ (ДВОШАРОВІ КОМПОЗИТИ)

Анотація. Робота спрямована на формулювання та розв'язання загальної математичної моделі деформації гнучкого елемента конструкції з двошаровою структурою, що складається з шарів довільної товщини та матеріалів з різними механічними властивостями.

Ключові слова: допоміжне обладнання, двошарові елементи, деформація.

I. Belmas, D. Chasov, V. Beihul, N. Zakharov, D. Serilko ON THE ISSUE OF DEFORMATION OF AUXILIARY EQUIPMENT ELEMENTS (TWO-LAYER COMPOSITES)

Abstract. The work is aimed at formulating and solving a general mathematical model of the deformation of a flexible structural element with a two-layer structure consisting of layers of arbitrary thickness and materials with different mechanical properties.

Keywords: auxiliary equipment, two-layer elements, deformation.

У межах дослідження обидва шари двошарового гнучкого елемента конструкцій розглядаються як такі, що мають рівномірну ширину, є лінійно пружними та ізотропними; механічні властивості армованого шару попередньо узагальнені. Модель кожного шару сформульована з використанням методів лінійної теорії пружності із застосуванням функцій напружень Ері. Врахування сумісності деформації шарів та навантаження їх поверхонь дозволило сформулювати та розв'язати математичну модель, як єдиної двошарової системи.

Сформульовано граничні умови для зовнішніх поверхонь шарів $z=H_1$ та $z=-H_2$:

$$\begin{aligned} \text{за } z=-H_1 \quad Z_z^{(1)} &= P(x), \quad Z_x^{(1)} = 0, \\ \text{за } z=H_2 \quad Z_z^{(2)} &= P_2(x), \quad Z_x^{(2)} = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де Z_z , X_x , Z_x – нормальні та дотичні напруження в матеріалах шарів.

Складено умови сумісного та нерозривного деформування шарів за $z=0$.

$$u_x^{(1)} = u_x^{(2)}, \quad u_z^{(1)} = u_z^{(2)}, \quad Z_z^{(1)} = Z_z^{(2)}, \quad Z_x^{(1)} = Z_x^{(2)}, \quad (2)$$

де u_x - переміщення вздовж осі x .

Врахуємо форму умов (1, 2). Показники НДС шарів гнучкого елемента задамо скориставшись функцією напружень Ері. Переміщення та напруження в шарах гнучкого елемента запишемо без урахування рівномірно розподілених складових напружень та деформації ним спричинених.

$$u_x^{(k)} = -\frac{1}{2G_k} \frac{\partial^2 \phi^{(k)}(x, z)}{\partial x \partial z},$$

$$\begin{aligned} u_z^{(k)} &= \frac{1}{2G_k} \left(2(1-\mu_k) \nabla^2 - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \varphi^{(k)}(x, z), \\ X_x^{(k)} &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_k \nabla^2 - \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) \varphi^{(k)}(x, z), \\ Z_z^{(k)} &= \frac{\partial}{\partial z} \left((2-\mu_k) \nabla^2 - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \varphi^{(k)}(x, z), \\ Z_x^{(k)} &= \frac{\partial}{\partial x} \left((1-\mu_k) \nabla^2 - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \varphi^{(k)}(x, z), \end{aligned} \quad (3)$$

де $k=1, 2$ – номери шарів; $\nabla^2(\dots) = \frac{\partial^2 \dots}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \dots}{\partial z^2}$; $\rho_m = \pi \frac{m}{a}$; G_k – модулі зсуву матеріалу шарів; $\varphi^{(k)}(x, z)$ – функції напружень Ері обрані для шарів гнучкого елемента.

Встановлено, що характер деформацій гнучкого елемента близький до параболичного. Абсолютні значення прогинів суттєво залежить від механічних властивостей матеріалу шарів. Зростання модулю зсуву, значень коефіцієнтів Пуассона матеріалу шарів призводить до зростання жорсткості елемента на згин під впливом надлишкового тиску в ємності.

Перелік посилань

1. Бельмас І.В., Білоус О.І., Танцура Г.І. Визначення напружено-деформованого стану багатошарового композиту. Опір матеріалів та теорія споруд. Київський національний університет будівництва і архітектури. 2022, № 109. с.426 – 440. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.109.426-440>
2. Serilko L. S., Lyashuk O. L., Chasov D. P., Serilko D. L., Ihnatiuk R. M. (2025). Body movement along the surface of an inertial conveyor chute under combined friction. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 12(1), pp. D1–D8. [https://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(1\).d1](https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).d1)