

уникнути появи дефектів у процесі експлуатації, адже такі сучасні волокна, як: *MODAL®*, *MICROMODAL®*, *TACTEL®*, *MERYL®*, *LYCRA®*, *MICROFIBER®*, що є кращими за своїми експлуатаційними властивостями, потребують підбору технологічних параметрів та особливого догляду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баженов В. И., Бабинець С.В. Материаловедение трикотажно–швейного производства- М.: Легкая индустрия, 1971.- 304 с.
2. Галик І.С., Семак Б.Д. Товарознавство непродовольчих товарів. Частина II. Товарознавство трикотажних товарів: Підручник для студентів товарознавчих спеціальностей ВНЗ. - Київ: Укрпросвіта. 2001. – 292с.
3. Дрожжин В.И., Орещенкова И.В. Справочник по швейно-трикотажному производству. - М: Легкая и пищевая промышленность, 1982.-208с.
4. Білей-Рубан Н.В., Скиталінська Е.А. Кількісна оцінка якості ниткових з'єднань трикотажних виробів по деформаційним характеристикам // Вісник Хмельницького національного університету.– 2007. - №3. Том 2 – С.132 – 135.

УДК 539.3

ОЦІНКА ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТІЛЬНИКОВОГО ТРУБОПРОВОДУ ПІДКРІПЛЕНОГО КІЛЬЦЕВИМИ РЕБРАМИ З ВРАХУВАННЯМ ДІЇ ВІДПОРНИХ ЗУСИЛЬ

М.Г. СТАЦУК¹, М.І ДОРОШ¹, В.М. БОЛЕЙЧУК², В.Ф. ЛАЗАР³, Й.З. БЕНКЕ³

¹Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів

²Тернопільський національний економічний університет

³Мукачівський технологічний інститут

В статті проводиться оцінка переміщень підкріпленого трубопроводу із стільниковими (пустотілими) стінками. На основі рівнянь лінійної теорії анізотропних циліндричних оболонок знайдено усереднені компоненти вектора переміщень. Розв'язок цих рівнянь був записаний за допомогою методу Бубнова-Гальоркіна.

Вступ

Пряме застосування для прокладання і реновації систем гравітаційної і низьконапірної каналізації, водопроводу та ін. вимагає розрахунку параметрів трубопроводів при їх експлуатації. Особливо це стосується трубопровідних мереж великого діаметру. Тому розглянемо труби великого діаметру, які функціонують спільно з оточуючим його середовищем [3,7,10], зокрема з ґрунтом. В таких трубопроводах зовнішнє навантаження може викликати деформацію більшу за 3%, що

вважається граничним. Одним із чинників зовнішнього навантаження є ґрунт. Він створює власне навантаження, яке діє безпосередньо на трубопровід у вертикальному напрямку. В той же час, в результаті взаємодії конструкції з оточуючим середовищем виникає горизонтальний відпір, який у великій мірі впливає на деформований стан гнучких труб. Отже горизонтальний відпір необхідно обов'язково враховувати при розрахунку та проектуванні розглядуваних нижче конструкцій.

Вплив відпору ґрунту проявляється у значній мірі, якщо наявне достатньо ущільнене зовнішнє середовище трубопроводів великого діаметру. У таких випадках для інженерних розрахунків прийнято використовувати емпіричну формулу [8,10]

$$\frac{\Delta}{D} = \frac{C_1 p}{C_2 S_R + C_3 S_S} \quad (1)$$

Тут Δ - прогин трубопроводу із суцільними стінками (максимальне зменшення вертикального діаметру); p - інтенсивність вертикального навантаження ґрунту; D - серединний діаметр трубопроводу; S_R - кільцева жорсткість труби; S_S - фактор жорсткості ґрунту; C_i ($i=1,2,3$)- сталі, які у різних національних стандартах та будівельних правилах мають досить суттєву різницю [8]. Рівність (1) задається класичною формулою Шпенглера [10].

Якщо гнучкі труби підсилити пружними кільцевими підпорами, то можемо збільшити їх кільцеву жорсткість. Це дозволяє оптимізувати параметри конструкції, досягаючи мінімальної маси при забезпечені достатньої експлуатаційної надійності трубопроводу. Розглядуваний трубопровід сконструйовано із спіралеподібної трубки. Виявляється, що такі конструкції відносно невеликої маси, перебуваючи у ґрунті, можуть витримувати значні зовнішні навантаження. А тому розрахунок його параметрів є актуальною та важливою задачею.

Постановка задачі

Розглянемо довгий стільниковий (пустотілий) трубопровід (рис. 1. а), що підсилений круговими періодичними кільцевими підпорами з кроком l . На конструкцію діє зрівноважуюча сила q , що рівномірно розподілена по її довжині (рис. 1. б). Трубопровід виготовлений із спіралеподібної трубки, діаметр якої становить h , а товщина стінки трубки - d .

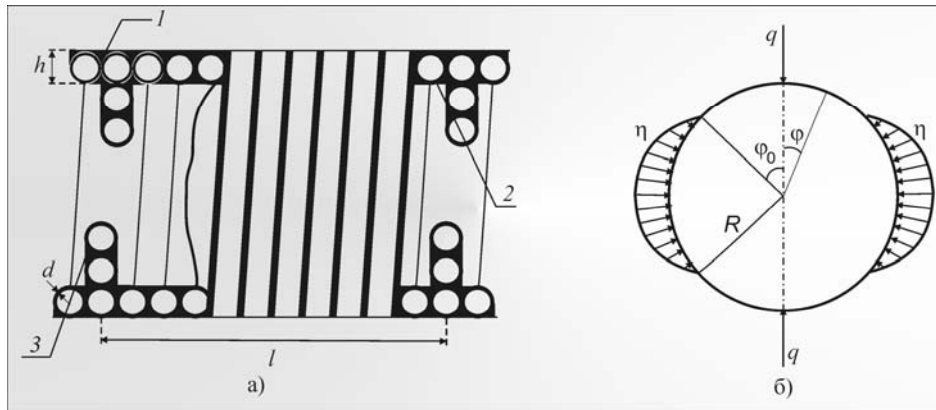


Рисунок 1– Стільникова спіралеподібна одношарова труба.
1– зварний шов; 2– трубка намотки стінки труби; 3– пружні кільцеві підпори

Для збільшення кільцевої жорсткості конструкції трубопровід підсилюємо пружними кільцевими підпорами, які розміщені періодично з кроком l

Оскільки маємо періодичну конструкцію, то нескінченну трубу розбиваємо на скінченні кругові замкнені циліндричні оболонки завдовжки l , на кінцях яких знаходяться пружні підпори, що мають відповідну жорсткість.

Приймаємо, що замкнена циліндрична оболонка складається із кругових вертикальних пустотілих кілець, які між собою зварені.

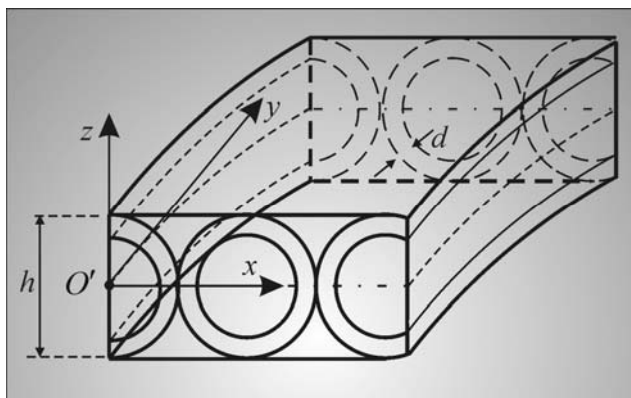


Рисунок 2 – Схема стінки конструкції, змонтованої

характеризувати координатами x і $y=R\varphi$, де x - відстань точки по твірній від початкового екваторіального перерізу, φ - кут між початковою і довільною меридіальною площиною, тобто відраховується від вертикальної площини.

Введемо усереднені переміщення

$$u^*(x, y) = \Phi u(x, y), \quad v^*(x, y) = \Phi v(x, y), \quad w^*(x, y) = \Phi w(x, y). \quad (2)$$

де $u(x,y)$, $v(x,y)$ та $w(x,y)$ - компоненти вектора переміщень серединної поверхні циліндричної оболонки. Тут $\Phi u = \frac{1}{h} \int_{x-h/2}^{x+h/2} u dx$ - інтегральний оператор, який усереднює функцію u на проміжку $[x-h/2..x+h/2]$.

Застосувавши теореми диференціювання інтегралів Рімана й параметричних інтегралів [2] до виразів для деформацій [1] $\varepsilon_x = \partial u / \partial x$; $\varepsilon_y = \partial v / \partial y + w/R$; $\chi_y = -\partial^2 w / \partial y^2 - w/R^2$ та $\chi_x = -\partial^2 w / \partial x^2$ й виходячи із співвідношень (2), одержимо усереднені компоненти деформації для замкненої циліндричної оболонки

$$\varepsilon_x^* = \frac{\partial u^*(x,y)}{\partial x}; \quad \varepsilon_y^* = \frac{\partial v^*(x,y)}{\partial y} + \frac{w^*}{R}; \quad \chi_y^* = -\frac{\partial^2 w^*(x,y)}{\partial y^2} - \frac{w^*}{R^2}, \quad \chi_x^* = -\frac{\partial^2 w^*(x,y)}{\partial x^2}. \quad (3)$$

Виходячи з виразів для усереднених переміщень (2) та усереднених компонент деформацій серединної поверхні оболонки (3), записуємо наступні співвідношення для усереднених сил та згинальних моментів [5, 6]

$$N_y^*(x,y) = B_y^* \varepsilon_y^*(x,y) + \nu B_x^* \varepsilon_x^*(x,y), \quad M_y^*(x,y) = -D_y^* \chi_y^* - \nu D_x^* \chi_x^*, \quad (4)$$

де $N_y^* = (\Phi N'_y + \nu \Phi N'_x) / (1-\nu^2)$, $M_y^* = (\Phi M'_y + \nu \Phi M'_x) / (1-\nu^2)$ - відповідні усереднена сила та згинальний момент; D_y^* , D_x^* та B_y^* , B_x^* - циліндричні жорсткості та жорсткості на розтяг замкненої циліндричної оболонки, які із співвідношень (4) визначаємо так:

$$B_y^* = \frac{EF}{h(1-\nu^2)}, \quad B_x^* = \frac{hE}{G(1-\nu^2)}; \quad D_y^* = \frac{I_x E}{h(1-\nu^2)}, \quad D_x^* = \frac{hE}{J_x(1-\nu^2)}.$$

Тут $F = h\Phi g(x)$ - площа перерізу трубки, що утворює стінку труби з урахуванням зварного шва; $G = h\Phi(1/g(x))$; $I_x = h\Phi t(x)$ - момент інерції перерізу трубки набору стінки конструкції з урахуванням зварного шва відносно осі Ox ; $J_x = h\Phi(1/t(x))$;

$$g(x) = \int_{-h/2}^{h/2} f(x,z) dz, \quad t(x) = \int_{-h/2}^{h/2} z^2 f(x,z) dz, \quad \text{де } g(x) \text{ та } t(x) - \text{періодичні функції з}$$

періодом h ; E - модуль Юнга, ν - коефіцієнт Пуассона матеріалу трубопроводу; $f(x,z)=1$ коли в точці (x,z) стінки циліндричної оболонки є матеріал та $f(x,z)=0$ - при його відсутності.

Зауважимо, що подібним чином були усереднені інші рівнодійні сили [1,9] $N_x(x, y)$, $N_{xy}(x, y)$ та згинний $M_x(x, y)$ і крутний $M_{xy}(x, y)$ моменти.

Приймаючи до уваги співвідношення (4), на основі [1] одержали рівняння лінійної моментної теорії анізотропних циліндричних оболонок із суцільними стінками для визначення усереднених компонент вектора переміщень u^* , v^* та w^* .

Рівняння лінійної моментної теорії анізотропних циліндричних оболонок:

$$\begin{aligned}
 & B_x^* \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + B_y^* \frac{1-\nu}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + B_y^* \frac{1+\nu}{2} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + B_y^* \frac{\nu}{R} \frac{\partial w}{\partial x} = -q_x, \\
 & \frac{B_y^*(1-\nu)}{2} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right) + B_y^* \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{w}{R} \right) + \nu B_x^* \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} = -q_y, \\
 & D_x^* \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \nu (D_y^* + D_x^*) \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{1}{R^2} + D_y^* \left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + 2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \frac{1}{R^2} \right) + \nu D_x^* \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \\
 & D_y^*(2-\nu) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{D_y^*}{R^4} w + \frac{1}{R} \left[B_y^* \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{w}{R} \right) + \nu B_x^* \frac{\partial u}{\partial x} \right] - q_z = 0.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Тут q_x , q_y , q_z - проекції вектора зовнішніх зусиль на відповідні осі координат; R - радіус середньої поверхні циліндричної оболонки.

У рівняннях (5), і нижче, індекс “*” будемо опускати, але розуміючи, що знаходимо усереднені переміщення для замкненої стільникової циліндричної оболонки.

Горизонтальний відпір ґрунту засипки на циліндричну оболонку представимо у вигляді радіальної реакції (рис 1.б)

$$\eta(\varphi, x) = \begin{cases} k w(\varphi, x), & \text{коли } w(\varphi, x) > 0, \\ 0, & \text{коли } w(\varphi, x) \leq 0, \end{cases} \tag{6}$$

де k – коефіцієнт відпору пружного середовища, що оточує оболонку в нормальному напрямку.

Для спрощення задачі, приймаємо, що $w(\varphi, x) > 0$ набуває значення в прямолінійній області

$$\Omega = \{ \varphi \in [\varphi_0, \pi - \varphi_0] \cup [\pi + \varphi_0, 2\pi - \varphi_0], x \in [0, l] \},$$

де кут φ_0 зображений на рис. 1б, а його значення наведемо нижче в статті.

Розв'язок диференціальної системи рівнянь (5) будемо за допомогою методу Бубнова-Гальоркіна, який полягає у тому, що компоненти вектора переміщень подаємо у вигляді подвійних тригонометричних рядів Фур'є [9]

$$w = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=2}^{\infty} C_{mn} \cos \frac{m\pi x}{l} \cos n\varphi, \quad v = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=2}^{\infty} B_{mn} \cos \frac{m\pi x}{l} \sin n\varphi,$$

$$u = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=2}^{\infty} A_{mn} \sin \frac{m\pi x}{l} \cos n\varphi. \quad (7)$$

Дані ряди не містять члени з $n = 0$ та $n = 1$, оскільки відповідні переміщення будуть представляти собою зміщення круга як абсолютного цілого [9].

При такій постановці задачі на кінцях циліндричної оболонки записуємо наступні *крайові умови*:

$$w(\varphi) = W(\varphi), \quad v(\varphi) = V(\varphi), \quad \text{при } x = 0 \text{ та } x = l,$$

та

$$u = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial x} = 0, \quad \text{при } x = 0 \text{ та } x = l, \quad (8)$$

де $W(\varphi)$, $V(\varphi)$ – компоненти вектора переміщень шпангоутів, відповідно у радіальному та тангенціальному напрямках.

Безпосередньою підстановкою $x = 0$ та $x = l$ у розвинення (7) отримуємо, що компоненти вектора переміщень циліндричної оболонки задовольняють другу групу крайових умов (8).

Подаємо зовнішню розподілену силу q через розподілене навантаження [1,9] таким чином

$$q'(x, \varphi) = \frac{q}{\Delta s} = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} q_{mn} \cos \frac{m\pi x}{l} \cos n\varphi, \quad (9)$$

де $\Delta s = R\Delta\varphi$ – елемент дуги, який спрямовуємо до нуля;

$$q_{mn} = \begin{cases} 0, & m = 1, 2, 3, \dots, n = 1, 2, \dots, \\ q(1 + \cos n\pi)/(\pi R), & m = 0, n = 1, 2, \dots \end{cases}$$

В результаті взаємодії пружних шпангоутів та циліндричної оболонки на її кінцях виникають невідомі розподілені по ободу взаємодіючі нормальні $p(\varphi)$ та дотичні $p_{\tau}(\varphi)$ зусилля, які представимо через розподілені

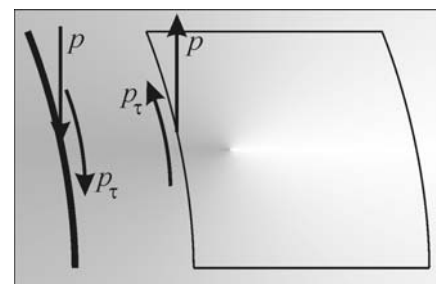


Рисунок 3– Схема контакту пружної підпори з циліндричною оболонкою.

навантаження [1,9]

$$p'(x, \varphi) = \frac{p}{\Delta x} = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} p_{mn} \cos \frac{m\pi x}{l} \cos n\varphi,$$

$$p'_{\tau}(x, \varphi) = \frac{p_{\tau}}{\Delta x} = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=2}^{\infty} p_{\tau mn} \cos \frac{m\pi x}{l} \sin n\varphi, \quad (10)$$

де Δx спрямовуємо до нуля; $p_{mn} = \begin{cases} 2p_n(1+(-1)^m)/l, & m=1,2,3\dots \\ 2p_n/l, & m=0, \end{cases}$,

$$p_{\tau mn} = \begin{cases} 2p_{\tau n}(1+(-1)^m)/l, & m=1,2,3\dots \\ 2p_{\tau n}/l, & m=0, \end{cases}, \text{ а } p_n, p_{\tau n} - \text{невідомі коефіцієнти, які потрібно}$$

визначити.

Нормальний відпір ґрунту $\eta(x, \varphi)$ розкладемо у подвійний тригонометричний ряд Фур'є

$$\eta(x, \varphi) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=2}^{\infty} C'_{mn} \cos \frac{m\pi x}{l} \cos n\varphi, \quad (11)$$

де $C'_{mn} = \frac{k}{\pi} \sum_{i=2}^{\infty} C_{mi} f_{in}$, $n = 2,3\dots$, $m = 0,1\dots$. Тут

$$f_{in} = \int_{\varphi_0}^{\pi-\varphi_0} \cos i\varphi \cos n\varphi d\varphi + \int_{\pi+\varphi_0}^{2\pi-\varphi_0} \cos i\varphi \cos n\varphi d\varphi.$$

Підставляючи розвинення (7), (9), - (11) у систему диференціальних рівнянь (5), отримаємо для кожного значення m свою систему лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) для визначення невідомих коефіцієнтів A_{mn} , B_{mn} та C_{mn}

$$-B_x^* \left(\frac{m\pi}{l}\right)^2 A_{mn} - B_y^* \frac{(1-\nu)n^2}{2R^2} A_{mn} - B_y^* \frac{1+\nu}{2R} \frac{mn\pi}{l} B_{mn} - B_y^* \frac{\nu}{R} \frac{m\pi}{l} C_{mn} = 0,$$

$$B_y^* \left(-\frac{1-\nu}{2R} \frac{mn\pi}{l} A_{mn} - \frac{1-\nu}{2} \left(\frac{m\pi}{l}\right)^2 B_{mn} - \frac{n^2}{R^2} B_{mn} - \frac{n}{R^2} C_{mn} \right) - B_x^* \frac{\nu}{R} \frac{mn\pi}{l} A_{mn} = p_{\tau mn},$$

$$\left(D_x^* \left(\frac{m\pi}{l}\right)^4 - \nu(D_x^* + D_y^*) \left(\frac{m\pi}{Rl}\right)^2 + D_y^* \left(\frac{n^4}{R^4} - \frac{2n^2}{R^4}\right) + \nu D_x^* \left(\frac{mn\pi}{Rl}\right)^2 + D_y^* (2-\nu) \left(\frac{mn\pi}{Rl}\right)^2 + \frac{1}{R^4} \right) C_{mn} +$$

$$+ \frac{1}{R^2} \left(B_x^* \frac{R\nu m\pi}{l} A_{mn} + B_y^* (nB_{mn} + C_{mn}) \right) = \frac{k}{\pi} \sum_{i=2}^{\infty} C_{mi} f_{in} - q_{mn} + p_{mn}, \quad (12)$$

де $n = 2,3\dots$, $m = 0,1,\dots$

Розв'язавши системи лінійних алгебраїчних рівнянь (12) для кожної пари m та n , одержимо

$$B_{mn} = p_n B'_{mn} + p_{\tau_n} B''_{mn} + q_{mn} B'''_{mn}, \quad C_{mn} = p_n C'_{mn} + p_{\tau_n} C''_{mn} + q_{mn} C'''_{mn}, \quad (13)$$

де C'_{mn} , C''_{mn} , C'''_{mn} та B'_{mn} , B''_{mn} , B'''_{mn} – сталі.

Рівняння рівноваги шпангоутів мають вигляд [4]

$$\frac{E'I_p}{2} \left[\frac{d^3}{d\varphi^3} \left(\frac{d^2 W(\varphi)}{d\varphi^2} + W(\varphi) \right) + \frac{d^2}{d\varphi^2} \left(\frac{d^2 V(\varphi)}{d\varphi^2} + V(\varphi) \right) \right] + R^4 \left(-p_{\tau}(\varphi) + \frac{dp(\varphi)}{d\varphi} \right) = 0,$$

$$\frac{E'F_p}{2} \left(\frac{d^2}{d\varphi^2} + 1 \right) \left(\frac{dV(\varphi)}{d\varphi} - W(\varphi) \right) + R^2 \left(-p(\varphi) + \frac{dp_{\tau}(\varphi)}{d\varphi} \right) = 0, \quad (14)$$

де I_p – момент інерції поперечного перерізу кільцевої підпори відносно осі симетрії підпори, F_p – площа поперечного перерізу кільцевої підпори.

Компоненти вектора переміщень пружних шпангоутів та невідомі зусилля взаємодії, що виникають на кільцевих підпорах подамо за допомогою розвинення [9]

$$W(\varphi) = \sum_{n=2}^{\infty} W_n \cos n\varphi, \quad V(\varphi) = \sum_{n=2}^{\infty} V_n \sin n\varphi, \quad p(\varphi) = \sum_{n=2}^{\infty} p_n \cos n\varphi, \quad p_{\tau}(\varphi) = \sum_{n=2}^{\infty} p_{\tau_n} \sin n\varphi. \quad (15)$$

Підставляючи розвинення (15) у рівняння рівноваги шпангоута (14), отримаємо наступні вирази для визначення коефіцієнтів W_n та V_n :

$$W_n = -R^2 \frac{(F_p R^2 + I_p) n p_n + (F_p R^2 - n^2 I_p) p_{\tau_n}}{2n(n^2 - 1)^2 EI_p F_p},$$

$$V_n = -R^2 \frac{(F_p R^2 + n^2 I_p) n p_n + (F_p R^2 - n^4 I_p) p_{\tau_n}}{2n^2(n^2 - 1)^2 EI_p F_p}, \quad (16)$$

де $n = 2, 3, \dots$

На основі перших двох крайових умов (8), враховуючи (13) та (16), отримаємо для кожного n свою систему двох лінійних алгебраїчних рівнянь для визначення невідомих коефіцієнтів p_n та p_{τ_n}

$$\frac{2}{l} (p_n C'_{0n} + p_{\tau_n} C''_{0n} + q_{0n} C'''_{0n}) + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2}{l} (1 + (-1)^m) (p_n C'_{mn} + p_{\tau_n} C''_{mn} + q_{mn} C'''_{mn}) = W_n$$

$$\frac{2}{l} (p_n B'_{0n} + p_{\tau_n} B''_{0n} + q_{0n} B'''_{0n}) + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2}{l} (1 + (-1)^m) (p_n B'_{mn} + p_{\tau_n} B''_{mn} + q_{mn} B'''_{mn}) = V_n$$

Тут $n = 2, 3, \dots$, $m = 0, 1, 2, \dots$.

Коефіцієнт відпору ґрунту k у нормальному напрямку залежить від типу ґрунту та його ущільнення. Він нелінійно залежить від зовнішнього навантаження. В багатьох розрахунках трубопроводів з оточуючим пружним середовищем приймають, що

$$E'_s = kR, \quad (17)$$

де E'_s [10] – січний модуль ґрунту.

Числовий розрахунок трубопроводу. Враховуючи попередні міркування, був проведений числовий розрахунок оболонки при різних вхідних параметрах. На рис. 4-6 наведено результати числового аналізу поставленої задачі для модуля Юнга $E = 850 \text{ МПа}$, коефіцієнта Пуассона матеріалу конструкції $\nu = 0.25$; глибини засипки $H = 1 \text{ м}$ і густини ґрунту $\rho = 1700 \text{ кг/м}^3$. Тут суцільні лінії відповідають трубопроводу з радіусом серединної поверхні оболонки $R = 1 \text{ м}$, а штрихові - з $R = 0.5 \text{ м}$. Приймали, що діаметр спіралеподібної трубки конструкції становить $h = R/20$, а товщина стінки трубки $d = h/10$.

На рис. 4 наведено графічні залежності приведенного максимального прогину конструкції Δ_{\max}/Δ від величини R/l , де $\Delta = w(l/2, 0) + w(l/2, \pi)$ - максимальне зменшення діаметру трубопроводу при $l \rightarrow \infty$. Криві 1 і 1' побудовані для підсилених шпангоутами трубопроводів без урахування відпору землі, криві 2 і 2' побудовані при січному модулі ґрунту $E'_s = 1 \text{ МПа}$, а криві 3 і 3' відповідно коли $E'_s = 2 \text{ МПа}$.

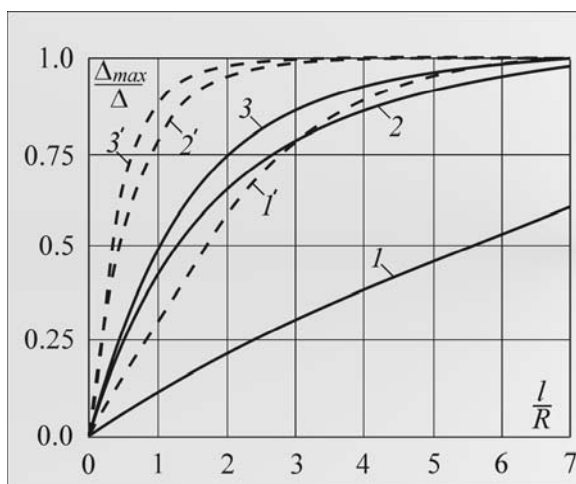


Рисунок 4 – Зміна приведенного максимального прогину Δ_{\max}/Δ від величини l/R .

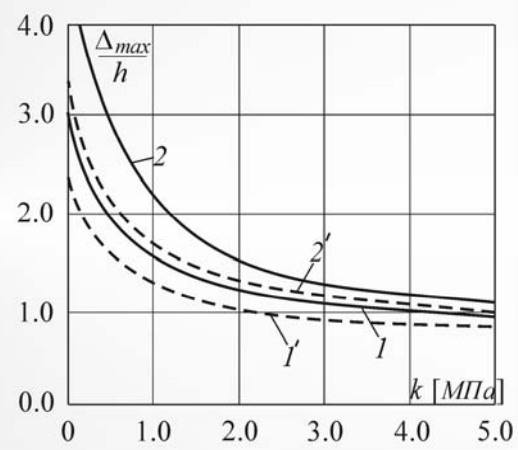


Рисунок 5 – Зміна приведенного максимального прогину Δ_{\max}/h трубопроводу від коефіцієнта відпору ґрунту k .

З рис. 4 можна зауважити, що при великій відстані між шпангоутами приходимо до результатів роботи [9], які відповідають трубі без підпор (з суцільними стінками).

Рис 5. відображає графічну залежність приведенного максимального прогину Δ_{\max}/h трубопроводу від коефіцієнта відпору ґрунту k , де $\Delta_{\max} = w(l/2, 0) + w(l/2, \pi)$ - максимальне зменшення діаметру трубопроводу, який підсилений пружними кільцевими підпорами. Криві 1 і 1' на рис. 5 побудовані для трубопроводів, підсилених періодичними пружними кільцевими підпорами, які утворені з п'ятьох пустотілих кілець, що розміщені з кроком $l = 2R$; відповідно криві 2 і 2' побудовані для конструкцій, у яких періодичні підпори розміщені з кроком $l = 3R$.

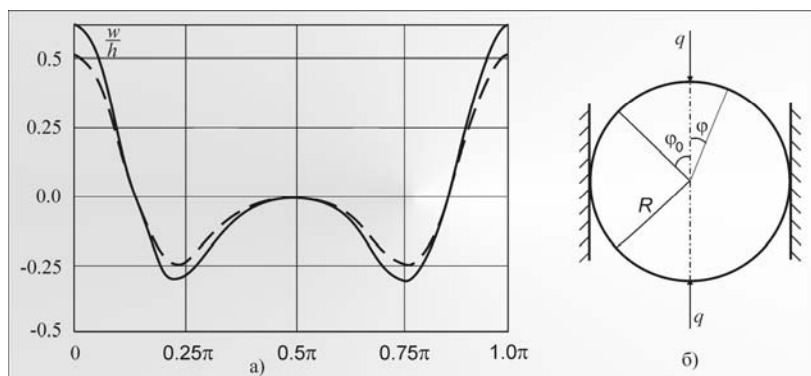


Рисунок 7 – Залежність відносного нормального переміщення w/h по ободу трубопроводу.

В розрахунках приймали, що кут $\varphi_0 \approx 0.22\pi$. На основі числового аналізу було встановлено, що по усій довжині в діапазоні $\varphi \in [0.21\pi..0.23\pi]$ нормальне переміщення циліндричної оболонки w змінює знак.

Приймаючи $\varphi_0 \rightarrow \pi/2$, а $k \rightarrow \infty$, як частковий випадок, були отримані усереднені переміщення підкріпленого стільникового трубопроводу, який впирається у жорсткі півпростори (рис 7. а). На рис. 7. б зображено відносне переміщення стільникового трубопроводу по його ободу при $x = l/2$. Тут приймали, що $l = 3R$.

На основі вище наведених результатів можна провести оптимізацію розмірів конструкції, щоб отримати мінімальну її масу при заданих зовнішніх навантаженнях та умові, що максимальне теоретичне прогинання трубопроводу буде менше від значення $0.03D$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Авдотин А. С. Прикладные методы расчета оболочек и тонкостенных конструкций. – М.: Машиностроение, 1969. – 404 с.
2. Архипов Г. И., Садовничий В. А., Чубариков В. Н. Лекции по математическому анализу – М.: Выс. шк. 1999. – 695 с.
3. Баженов. В. А. Изгиб цилиндрических оболочек в упругой среде – Львов: Вища школа, 1975. – 168 с.
4. Галкин С. И., Левицкая Т. Е. Расчет цилиндрической оболочки,

подкрепленной шпангоутами, на действие сосредоточенных сил // Труды VIII Всесоюзной конференции по теории оболочек та пластин – М.: Изд. Наука, 1973. – 798 с.

5. *Стащук М. Г., Дорош М. І.* Визначення деформованого стану підкріпленого стільникового трубопроводу // Тези міжнародної наукової конференції “Сучасні проблеми механіки та математики” (Львів 25-29 травня). Львів, 2008. – Т 2. – С. 239–241.

6. *Опанасович В. К., Стащук М. Г., Дорош М. І.* Згин пластини з періодичною системою колінеарних тріщин з урахуванням контакту їх берегів // Фізико-хімічна механіка матеріалів.–2008, № 2.– С. 46–52.

7. *Стащук Н. Г.* Задачи механики упругих тел с трещиноподобными дефектами. – К.: Наук. думка, 1993. – 358 с.

8. *Швабауэр В. В., Гвоздев И. В.* Расчет подземного трубопровода из термопластов // Полимерные трубы.–2007, № 3.– С. 52–56.

9. *Тимошенко С. П., Войновский-Кригер С. П.* Пластины и оболочки. М.: Наука, 1966. – 625 с.

10. *Jonson L. E.* Plastic pipes for water supply and sewage disposal // Borealis. – 1996. – 156. P. 223–233.

УДК 366.648. + 003.074

ДОКУМЕНТАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ ПІДПРИЄМСТВА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Г.В. ТОВКАНЕЦЬ

Мукачівський технологічний інститут

В статті розглядаються питання ролі документального забезпечення і комунікаційній політиці промислового підприємства. Зокрема розглядаються питання культури документального забезпечення та ефективність інформування зовнішнього та внутрішнього середовища.

Діяльність будь-якого підприємства - це насамперед координація управлінських функцій та чітка система інформування зовнішнього та внутрішнього середовища, що сприяє ефективності комунікаційної політики.

Повноту інформації характеризує її обсяг, який має бути необхідним і достатнім для прийняття управлінських рішень. Брак інформації призводить до прийняття хибних рішень або знижує їх обґрунтованість. Надлишок інформації, наслідком якого є збільшення обсягу повідомлення без підвищення його інформативності, пов'язаний з додатковими витратами праці і часу робітників-управлінців. Інформація повинна бути оперативною, тобто такою, щоб за час її передачі й опрацювання стан об'єкта, до якого