

ВПЛИВ ГНУЧКОГО ПОКРИТТЯ НА МІЦНІСТЬ ПОЛОГОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ З ПОЗДОВЖНЬОЮ ТРІЩИНОЮ

Досліджено задачу про розтяг підсиленої покриттям циліндричної оболонки з поздовжньою тріщиною. Гнучке покриття моделюється шарніром, який з'єднує береги розрізу на одній із лицьових поверхонь оболонки. Методом сингулярних інтегральних рівнянь визначено напружений стан біля вершин тріщини і досліджено розподіл шарнірної реакції у покритті. Граничну рівновагу оболонки з тріщиною проаналізовано з урахуванням обмеженої міцності підкріплення.

Одним із способів подовження ресурсу чи відтворення герметичності тонкостінних конструкцій є нанесення на дефектну ділянку тонких елементів (латок), які приймають частину зовнішнього навантаження і тим самим зменшують концентрацію напружень поблизу дефектів. Розрахунок на міцність для таких складених конструкцій слід проводити із застосуванням критеріїв граничної рівноваги і до основи, і до підкріплення. У [6, 10] розроблено модель для оцінки впливу одностороннього гнучкого покриття на міцність пластини з наскрізною тріщиною. Гнучке покриття моделювалось шарніром, який з'єднує береги розрізу на одній із лицьових поверхонь пластини. Пізніше у [5, 7, 9] таку модель розвинуто для дослідження рівноваги тонких оболонок з тріщинами. Зокрема, для малих параметрів кривини побудовано аналітичні оцінки граничного навантаження покритої необмежено міцним покриттям оболонки з тріщиною, орієнтованою в головному напрямку серединної поверхні.

Метою цього дослідження є вивчення впливу одностороннього гнучкого покриття на напружено-деформований стан і міцність пологої циліндричної оболонки, послабленої поздовжньою тріщиною, з урахуванням обмеженої міцності підкріплення. Крім того, за числовим розв'язком, побудованим у широкому діапазоні зміни параметра кривини, встановлюємо межі застосовності асимптотичних результатів. Для циліндричної оболонки з поперечною тріщиною такі дослідження виконано у [8].

1. Постановка та інтегральне рівняння задачі. Розглянемо ізотропну циліндричну оболонку товщини $2h$ з радіусом серединної поверхні R . Оболонка послаблена наскрізною тріщиною (розрізом) довжини 2ℓ , розміщеною уздовж відрізка напрямної. Нехай на одну із лицьових поверхонь оболонки нанесено гнучке покриття, яке деформується разом із підкладкою і здатне витримати доволі високі напруження. Тріщина розкривається мембранними зусиллями $p = \text{const}$, решта поверхонь об'єкта вільні від зовнішнього навантаження. У рамках теорії пологих оболонок Кірхгофа – Лява досліджуємо напружено-деформований стан і граничну рівновагу розглянутої композиції.

Виберемо систему декартових координат $Oxyz$ з початком в центрі розрізу (рис. 1). У рамках гіпотези Кірхгофа про жорстку нормаль тріщину в оболонці з абсолютно гнучким покриттям доцільно моделювати математичним розрізом, береги якого з'єднані шарнірно в одній із лицьових поверхонь оболонки $z = sh$ ($s = +1$ для зовнішнього чи $s = -1$ для внутрішнього підкріплення). Враховуючи симетрію об'єкта та навантаження відносно осі абсцис, приходимо до задачі теорії пологих оболонок із взаємозв'язаними крайовими умовами на розрізі [5, 7]:

$$\Delta\Delta\varphi - \frac{B}{R} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0, \quad \Delta\Delta w + \frac{1}{DR} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = 0, \quad (x, y) \in \mathbb{R}^2 \setminus L, \quad (1)$$

$$[u_y] - sh[\vartheta_y] = 0, \quad M_y - sh(N_y + p) = 0, \quad x \in L, \quad (2)$$

$$N_x = N_y = N_{xy} = 0, \quad M_x = M_{xy} = M_y = 0, \quad (x, y) \rightarrow \infty. \quad (3)$$

Тут φ – функція напружень; w – прогин оболонки; $\Delta = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2$ – оператор Лапласа; $[u_y]$ – розкриття тріщини в базовій поверхні оболонки; $[\vartheta_y]$ – розрив кута повороту нормалі ($\vartheta_y = \partial w/\partial y$); N_x, N_{xy}, N_y – мембранні зусилля, M_x, M_{xy}, M_y – моменти; $B = 2Eh$; $D = 2Eh^3/(3(1-\nu^2))$; E і ν – модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона матеріалу оболонки; $L = (-\ell, \ell)$ – відрізок, уздовж якого розміщена тріщина.

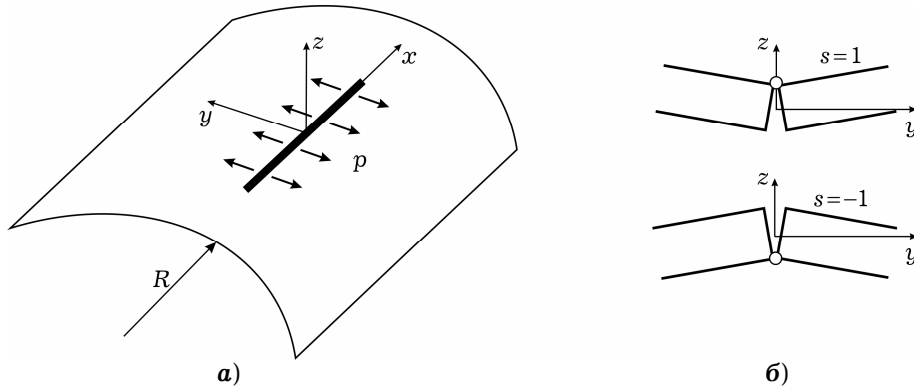


Рис. 1

Ключова роль у цій постановці відводиться крайовим умовам (2). Перша з них означає неперервність переміщень на з'єднаних берегах розрізу, друга описує реактивний момент, спричинений переносом контактної реакції з шарніра у базову поверхню оболонки.

Для побудови розв'язку задачі (1)–(3) використаємо метод сингулярних інтегральних рівнянь. Зусилля і моменти на лінії тріщини запишемо через похідні від функцій стрибка [1–4]:

$$N_y(x, 0) = \frac{B}{4\pi} \int_L \{ \mathcal{K}_{11}(\xi - x) [u_y]'(\xi) - \mathcal{K}_{13}(\xi - x) a [\vartheta_y]'(\xi) \} d\xi,$$

$$M_y(x, 0) = \frac{Ba}{4\pi} \int_L \{ \mathcal{K}_{31}(\xi - x) [u_y]'(\xi) - \mathcal{K}_{33}(\xi - x) a [\vartheta_y]'(\xi) \} d\xi. \quad (4)$$

Тут

$$\begin{aligned} \mathcal{K}_{11}(z) = & \gamma \operatorname{sgn} z \left(B_1 \operatorname{kei}' \frac{\gamma|z|}{2} - B_2 \operatorname{ker}' \frac{\gamma|z|}{2} \right) - \\ & - \frac{\sqrt{2}\gamma}{4} \left[(B_3 + B_4) \left(\operatorname{ker}'' \frac{\gamma|z|}{2} - \operatorname{kei}'' \frac{\gamma|z|}{2} \right) + \right. \\ & \left. + (B_4 - B_3) \left(\operatorname{kei}'' \frac{\gamma|z|}{2} + \operatorname{ker}'' \frac{\gamma|z|}{2} \right) \right], \\ \mathcal{K}_{13}(z) = & \mathcal{K}_{31}(z) = -\nu\gamma \operatorname{sgn} z \left(B_1 \operatorname{ker}' \frac{\gamma|z|}{2} - B_2 \operatorname{kei}' \frac{\gamma|z|}{2} \right) - \\ & - \frac{\sqrt{2}(1-\nu)\gamma}{4} \left((B_4 - B_3) \operatorname{ker}'' \frac{\gamma|z|}{2} - (B_3 + B_4) \operatorname{kei}'' \frac{\gamma|z|}{2} \right) - \\ & - \frac{\sqrt{2}(1+\nu)\gamma}{4} \left((B_3 + B_4) \operatorname{ker}'' \frac{\gamma|z|}{2} + (B_4 - B_3) \operatorname{kei}'' \frac{\gamma|z|}{2} \right), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathcal{K}_{33}(z) &= (1 - v^2)\gamma \operatorname{sgn} z \left(B_1 \operatorname{kei}' \frac{\gamma|z|}{2} - B_2 \operatorname{ker}' \frac{\gamma|z|}{2} \right) + \\
&\quad + \frac{\sqrt{2}(1 - v)^2 \gamma}{4} \left((B_3 + B_4) \operatorname{ker}'' \frac{\gamma|z|}{2} + (B_4 - B_3) \operatorname{kei}'' \frac{\gamma|z|}{2} \right) + \\
&\quad + \frac{\sqrt{2}(1 + v)^2 \gamma}{4} \left((B_4 - B_3) \operatorname{ker} \frac{\gamma|z|}{2} - (B_3 + B_4) \operatorname{kei} \frac{\gamma|z|}{2} \right), \\
B_1 &= \sin \frac{\sqrt{2} \gamma z}{4} \operatorname{sh} \frac{\sqrt{2} \gamma z}{4}, \quad B_2 = \cos \frac{\sqrt{2} \gamma z}{4} \operatorname{ch} \frac{\sqrt{2} \gamma z}{4}, \\
B_3 &= \sin \frac{\sqrt{2} \gamma z}{4} \operatorname{ch} \frac{\sqrt{2} \gamma z}{4}, \quad B_4 = \cos \frac{\sqrt{2} \gamma z}{4} \operatorname{sh} \frac{\sqrt{2} \gamma z}{4}, \\
z &= \xi - x, \quad a = \frac{h}{\sqrt{3(1 - v^2)}}, \quad \gamma^2 = \frac{1}{Ra},
\end{aligned}$$

$\operatorname{ker} z$, $\operatorname{kei} z$ – функції Томсона.

Підставимо вирази (4) у крайову умову (2). Виключаючи функцію $[u_y]$, для знаходження стрибка переміщень отримуємо сингулярне інтегральне рівняння, яке в безрозмірних змінних $t = x/\ell$, $\tau = \xi/\ell$ запишемо у вигляді

$$\frac{B}{4\pi} \int_{-1}^1 \mathcal{K}(\tau - t) [u_y]'(\tau) d\tau = -p, \quad t \in (-1, 1). \quad (5)$$

Тут

$$\begin{aligned}
\mathcal{K}(\zeta) &= \mathcal{K}_{11}(\zeta) - \frac{2s \mathcal{K}_{13}(\zeta)}{\sqrt{3(1 - v^2)}} + \frac{\mathcal{K}_{33}(\zeta)}{3(1 - v^2)}, \\
\mathcal{K}_{jk}(\zeta) &= \ell \mathcal{K}_{jk}(\ell \zeta), \quad j, k = 1, 3, \quad \zeta = \tau - t.
\end{aligned}$$

На кінцях розрізу розв'язок рівняння (5) повинен задовольняти додаткову умову: $[u_y](\pm 1) = 0$.

2. Асимптотичні результати та критерій руйнування. Наближений аналітичний розв'язок задачі, побудований методом малого параметра, має вигляд [5, 9]:

$$\begin{aligned}
[u_y](t) &= -\frac{2p\ell\sqrt{1 - t^2}}{B(3 - v - 2v^2)} \left\{ 1 + \frac{\lambda^2}{3 - v - 2v^2} \left[\frac{(7 - v - 10v^2)\pi}{64} + \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + s\sqrt{3(1 - v^2)} \left[\frac{1 + 9v}{32} + \frac{1 + 5v}{16} \left(\frac{t^2}{3} + \ln \frac{\gamma_0 \lambda}{8} \right) \right] \right\} + O(\lambda^4 \ln^2 \lambda), \\
[u_y](t) &= \frac{[u_y](t)}{sh}, \quad (6)
\end{aligned}$$

де $\lambda = \ell\gamma = (\ell/\sqrt{Rh})(3(1 - v^2))^{1/4}$ – малий параметр кривини, $\ln \gamma_0 = 0.5772\dots$ – стала Ейлера.

За розв'язком (6) із виразів (4) знаходимо розподіл зусиль у шарнірному з'єднанні (у покритті на лінії розрізу):

$$\begin{aligned}
N(t) &= \frac{p(3 + v)}{2(3 + 2v)} \left\{ 1 + \frac{\lambda^2}{3 - v - 2v^2} \left[\frac{(2 - v)\pi}{16} + s\sqrt{3(1 - v^2)} \frac{v}{48(1 + v)} \times \right. \right. \\
&\quad \left. \left. \times \left(\frac{1 + 11v}{3} + (1 + 5v) \left(\ln \frac{\gamma_0 \lambda}{8} + t^2 \right) \right) \right] \right\} + O(\lambda^4 \ln^2 \lambda) \quad (7)
\end{aligned}$$

та формули для коефіцієнтів інтенсивності зусиль K_N і моментів K_M [1] в околі вершин тріщини:

$$K_N = \frac{3p\sqrt{\ell}(1 + v)}{2(3 + 2v)} F(\lambda), \quad K_M = -\frac{psh\sqrt{\ell}(3 + v)}{2(3 + 2v)} F(\lambda), \quad (8)$$

де

$$F(\lambda) = 1 + \frac{\lambda^2}{3 - \nu - 2\nu^2} \left[\frac{7 - \nu - 10\nu^2}{64} \pi + \right. \\ \left. + s\sqrt{3(1 - \nu^2)} \left(\frac{5 + 37\nu}{96} + \frac{1 + 5\nu}{16} \ln \frac{\gamma_0 \lambda}{8} \right) \right] + O(\lambda^4 \ln^2 \lambda).$$

Якщо розглядати задачу про розтяг циліндричної оболонки з тріщиною без покриття, то після підстановки інтегральних виразів (4) у крайові умови $N_y = 0$, $M_y = 0$, $x \in L$, отримаємо систему інтегральних рівнянь, розв'язком якої будуть функції [2, 3, 13]

$$[\bar{u}_y](t) = \frac{4p\ell\sqrt{1-t^2}}{B} \left[1 + \frac{5\pi}{64} \lambda^2 + O(\lambda^4 \ln^2 \lambda) \right], \\ [\bar{q}_y](t) = \frac{4ph\ell\sqrt{1-t^2}}{D(3-2\nu-\nu^2)} \lambda^2 \left[\frac{1+9\nu}{32} + \frac{1+5\nu}{16} \left(\frac{t^2}{3} + \ln \frac{\gamma_0 \lambda}{8} \right) + O(\lambda^4 \ln^2 \lambda) \right].$$

Цим стрибкам відповідають коефіцієнти інтенсивності зусиль і моментів:

$$\bar{K}_N = p\sqrt{\ell} \left[1 + \frac{5\pi}{64} \lambda^2 + O(\lambda^4 \ln \lambda) \right], \\ \bar{K}_M = -\frac{ph\sqrt{\ell}}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \lambda^2 \left(\frac{5+37\nu}{96} + \frac{1+5\nu}{16} \ln \frac{\gamma_0 \lambda}{8} \right) + O(\lambda^4 \ln \lambda). \quad (9)$$

Гіпотетично акт руйнування підкріпленої оболонки з тріщиною може відбуватися двома шляхами: розповсюдження тріщини без порушення цілісності покриття або втрата несучої здатності через розтріскування покриття. Перший механізм можна оцінити за енергетичним критерієм лінійної механіки руйнування за комбінованого розтягу – згину [1, 5, 9]:

$$G = 2\gamma_*, \quad G = \frac{\pi}{4h^2 E} \left[K_N^2 + \frac{3(1+\nu)}{3+\nu} \left(\frac{K_M}{h} \right)^2 \right], \quad (10)$$

де G – потік енергії у вершину тріщини, γ_* – густина ефективної поверхневої енергії матеріалу.

Після підстановки виразів (8) у критерій (10) визначаємо граничне навантаження, при якому настане розвиток тріщини:

$$p_{1*} = p_0 \sqrt{\frac{2(3+2\nu)}{3(1+\nu)}} \left\{ 1 - \frac{\lambda^2}{3-\nu-2\nu^2} \left[\frac{7-\nu-10\nu^2}{64} \pi + \right. \right. \\ \left. \left. + s\sqrt{3(1-\nu^2)} \left(\frac{5+37\nu}{96} + \frac{1+5\nu}{16} \ln \frac{\gamma_0 \lambda}{8} \right) \right] + O(\lambda^4 \ln^2 \lambda) \right\}.$$

Тут $p_0 = 2h\sqrt{2E\gamma_*/(\pi\ell)}$ – руйнівне зусилля для пластинки, що містить тріщину з вільними від в'язей берегами.

Для оцінки граничного стану покриття застосуємо класичну теорію міцності:

$$\max_{t \in [-1,1]} N(t) = N_*,$$

де N_* – критична сила, яку здатне витримати покриття.

Використавши формули (7), з прийнятою тут точністю знаходимо

$$p_{2*} = N_* \frac{2(3+2\nu)}{3(1+\nu)} \min_{t \in [-1,1]} \left\{ 1 - \frac{\lambda^2}{3-\nu-2\nu^2} \left[\frac{(2-\nu)\pi}{16} + \right. \right. \\ \left. \left. + s\sqrt{3(1-\nu^2)} \frac{\nu}{48(1+\nu)} \left(\frac{1+11\nu}{3} + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + (1+5\nu) \left(\ln \frac{\gamma_0 \lambda}{8} + t^2 \right) \right) \right] + O(\lambda^4 \ln^2 \lambda) \right\}.$$

За руйнівне зусилля слід, очевидно, прийняти менше з p_{1*} та p_{2*} .

Підставляючи класичний результат (9) у критерій (10), отримаємо величину руйнівного зусилля для оболонки з тріщиною без покриття:

$$p_{3*} = p_0 \left[1 - \frac{5\pi}{64} \lambda^2 + O(\lambda^4 \ln^2 \lambda) \right].$$

3. Аналіз числових результатів. Обчислення в діапазоні $0 \leq \lambda \leq 8$ при $\nu = 0.3$ виконано за асимптотичними формулами. Крім того, чисельний розв'язок інтегрального рівняння (5) побудовано методом механічних квадратур [2, 3]. За одержаними числовими даними для $[u_y]'$ знаходили $[\vartheta_y]'$ і значення коефіцієнтів інтенсивності зусиль і моментів.

Графіки, наведені на рис. 2, характеризують розподіл безрозмірних зусиль $\tilde{N} = N(t)/p$ у покритті на лінії тріщини при різних значеннях параметра кривини λ .

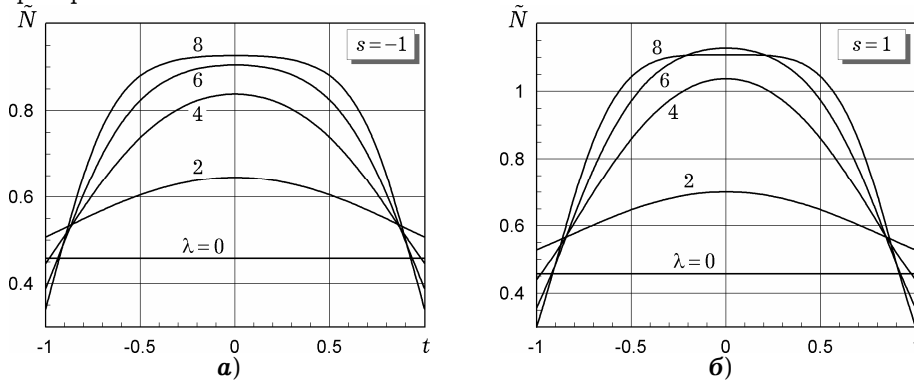


Рис. 2

Зі зростанням параметра λ спостерігаємо суттєве підвищення реактивного зусилля в шарнірі, особливо посередині розрізу.

Залежності безрозмірних значень коефіцієнтів інтенсивності зусиль і моментів від параметра кривини ілюструє рис. 3. Криві 1 відповідають оболонці з покриттям на зовнішній поверхні ($s = 1$), криві 2 – із покриттям на внутрішній поверхні ($s = -1$) ($\tilde{K}_N = K_N/(p\sqrt{\ell})$, $\tilde{K}_M = K_M/(sph\sqrt{\ell})$), криві 3 – оболонці без покриття [1-4, 11-13] ($\tilde{K}_N = \bar{K}_N/(p\sqrt{\ell})$, $\tilde{K}_M = \bar{K}_M/(ph\sqrt{\ell})$). Як і в задачах про розтяг пластин [6, 10], вплив шарнірного з'єднання берегів тріщини за розтягу оболонки проявляється, перш за все, у суттєвому зменшенні коефіцієнта інтенсивності зусиль і появі немалої коефіцієнта інтенсивності моментів. При малих λ обидва коефіцієнти інтенсивності можуть змінюватися немонотонно, що може бути зумовлене зростанням ролі перехресних ефектів розтягу – згину, які описуються ядром $\mathcal{K}_{13}(\zeta)$.

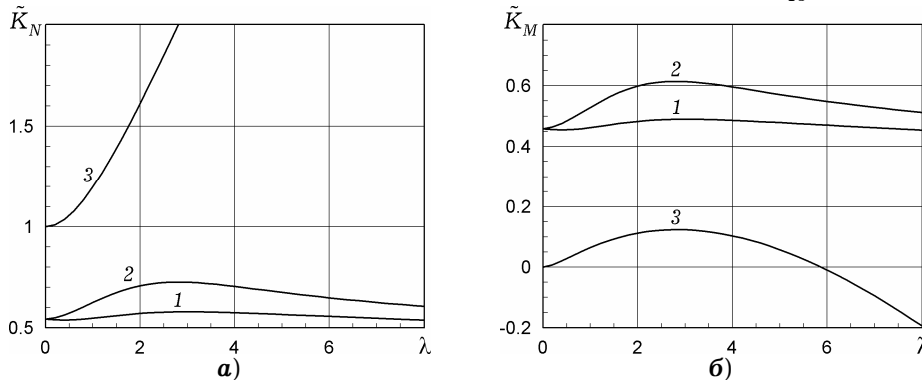


Рис. 3

Графіки, подані на рис. 4, описують вплив кривини на граничну рівновагу циліндричної оболонки з поздовжньою тріщиною за умов розтягу ($\tilde{p}_{i*} = p_{i*}/p_0$). Якщо в класичній поста-

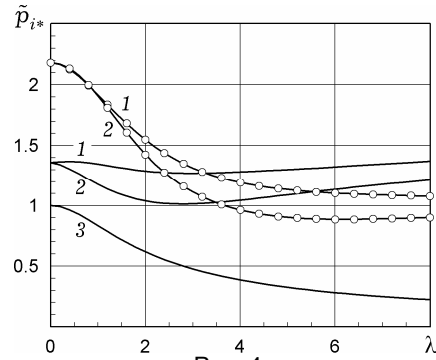


Рис. 4

новці граничне значення розтягувального навантаження для оболонки з тріщиною завжди є меншим, ніж для пластини (крива 3), то, враховуючи підкріплення покриттям на внутрішній чи на зовнішній поверхні, залежно від величини параметра λ , можемо отримати для оболонки як вищу, так і нижчу несучу здатність порівняно з аналогічно навантаженою пластинкою (суцільні криві 1, 2). Це стосується розрахунку за критерієм розтріскування оболонки. Граничне навантаження, розраховане за міцністю покриття (марковані криві 1, 2), істотно знижуються при збільшенні параметра λ . Для прийнятого у розрахунках співвідношення $N_*/p_0 = 1$ при малих кривинах оболонки руйнівним є навантаження $p_{1*} = \min\{p_{1*}, p_{2*}\}$, а при більших кривинах — $p_{2*} = \min\{p_{1*}, p_{2*}\}$. Для слабких покриттів з меншим значенням N_* ординати маркованих кривих закономірно зменшаться, тим самим ефективність підкріплення знівелюється. Крім того, за будь-яким критерієм криві 2 розміщені нижче від кривих 1, а це, в свою чергу, означає, що підкріплення покриттям дефектної циліндричної оболонки ззовні є доцільнішим, ніж зсередини.

Порівнюючи наведені тут результати обчислень за асимптотичними формулами і обчислень за допомогою формули (5), можемо встановити діапазон застосовності аналітичних залежностей. Зокрема, похибка обчислення граничного навантаження за формулою (10) не перевищує 5% при $\lambda \leq 0.9$.

Висновки. Руйнівне навантаження розтягу для підкріпленої циліндричної оболонки з тріщиною уздовж напрямної немонотонно залежить від параметра кривини. З'єднання берегів тріщини у зовнішній лицьовій поверхні дає більшу несучу здатність конструкції, ніж у внутрішній. Для оцінки міцності надтріснутих оболонок з покриттям вирішальне значення має врахування обмеженої міцності гнучкого покриття. Слабкі підкріплення не дають відновлювального ефекту і не можуть визнаватися ефективними.

1. Осадчук В. А. Напряженно-деформированное состояние и предельное равновесие оболочек с разрезами. — Киев: Наук. думка, 1985. — 224 с.
2. Панасюк В. В., Саврук М. П., Дацьшин А. П. Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках. — Киев: Наук. думка, 1976. — 444 с.
3. Саврук М. П. Двумерные задачи упругости для тел с трещинами. — Киев: Наук. думка, 1988. — 324 с.
4. Хижняк В. К., Шевченко В. П. Смешанные задачи теории пластин и оболочек: Уч. пособие. — Донецк: Донецк. гос. ун-т, 1980. — 128 с.
5. Шацький І. П. Задача о трещине в пологой оболочке с гибким покрытием // Прикл. механика и техн. физика. — 1996. — **37**, № 2. — С. 131–138.
Те саме: Shatskii I. P. Crack problem for a shallow shell with a flexible coating // J. Appl. Mech. Techn. Phys. — 1996. — **37**, No. 2. — P. 259–265.
6. Шацький І. П. Растяжение пластины, содержащей прямолинейный разрез с шарнирно соединенными кромками // Журн. прикл. механики и техн. физики. — 1989. — **30**, № 5. — С. 163–165.
Те саме: Shatskii I. P. Tension of a plate containing a rectilinear cut with hinged rims // J. Appl. Mech. Techn. Phys. — 1989. — **30**, No. 5. — P. 828–830.
7. Шацький І. П. Інтегральне рівняння задачі про тріщину в пологій оболонці з гнучким покриттям // Доп. АН України. — 1992. — № 1. — С. 46–48.
8. Шацький І. П., Маковійчук М. В., Щербій А. Б. Вплив гнучкого покриття на міцність пологої циліндричної оболонки з поперечною тріщиною // Проблеми обчисл. механіки і міцності конструкцій. — 2015. — Вип. 24. — С. 248–257.

9. Шацький І. П., Щербій А. Б. Вплив гнучкого покриття на міцність пологої оболонки з тріщиною вздовж лінії кривини // Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій (Випуск 2) / Під заг. ред. В. В. Панасюка: В 3 т. – Т. 2: Аналітичні методи в механіці руйнування матеріалів. – Львів: Каменяр, 1999. – С. 333–335.
10. Шацький І. Модель тріщини в пластинці з гнучким покриттям // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. мех.-мат. – 2000. – Вип. 57. – С. 42–47.
11. Copley L. G., Sanders J. L. (Jr.) A longitudinal crack in a cylindrical shell under internal pressure // Int. J. Fract. Mech. – 1969. – 5, No. 2. – P. 117–131.
12. Erdogan F., Kibler J. J. Cylindrical and spherical shells with cracks // Int. J. Fract. Mech. – 1969. – 5, No. 3. – P. 229–237.
13. Folias E. S. Failure of pressurized vessels // In: Fracture: A topical encyclopedia of current knowledge / Ed. by G. P. Cherepanov. – Malabar, Fl.: Krieger Publ. Co., 1998. – Chap. 12. – P. 275–288.

ВЛИЯНИЕ ГИБКОГО ПОКРЫТИЯ НА ПРОЧНОСТЬ ПОЛОГОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С ПРОДОЛЬНОЙ ТРЕЩИНОЙ

Исследована задача о растяжении усиленной покрытием цилиндрической оболочки с продольной трещиной. Гибкое покрытие моделируется шарниром, соединяющим берега разреза на одной из лицевых поверхностей оболочки. Методом сингулярных интегральных уравнений определено напряженное состояние вблизи вершин трещины и исследовано распределение шарнирной реакции в покрытии. Предельное равновесие оболочки с трещиной проанализировано с учетом ограниченной прочности крепления.

INFLUENCE OF FLEXIBLE COATING ON STRENGTH OF SHALLOW CYLINDRICAL SHELL WITH A LONGITUDINAL CRACK

The problem of tension of a cylindrical shell with longitudinal crack strengthened by coating is investigated. The flexible coating is modeled by a hinge, which joints the cut edges on one of shell surfaces. Using singular integral equations method the stress state near crack tips is determined and joint reaction in coating is studied. The limit equilibrium of the shell with crack is analyzed accounting the finite strength of hinge.

Ін-т прикл. проблем механіки і математики
ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів

Одержано
15.07.16