

УДК 621.643.2, 622.276

ВІДТВОРЕННЯ ДЕФОРМОВАНОЇ ПОВЕРХНІ В ЗОНІ ДЕФЕКТУ ЗА ВІДОМИМИ ПЕРЕМІЩЕННЯМИ ДИСКРЕТНОЇ МНОЖИНИ ТОЧОК

© Заміховський Л.М., Олійник А.П., Гураль І.М., Сенчак А. З., 2001
Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

Представлено спосіб відтворення фрагментів поверхонь трубопроводів та інших об'єктів в зоні дефектів, що виникають в процесі їх експлуатації, який базується на інтерполяції кубічними сплайнами. Оновимірною інтерполяційною процедурою дозволяє параметризувати фрагмент двовимірної поверхні, оцінити величину механічних напружень, що виникають внаслідок такої деформації, проаналізовано одержані числові результати.

Використання сучасного арсеналу приладів для оцінки стану поверхонь об'єктів дозволяє одержати значення переміщень точок на деякій дискретній множині точок. При аналізі такого роду інформації виникає потреба в оцінці напружено-деформованого стану досліджуваного тіла в зоні дефектів типу вмятин та випуклостей, виявлених апаратними засобами. З метою одержання розрахункових формул для оцінки напружено-деформованого стану трубопроводу, що зазнав деформації поверхні, досліджуваний фрагмент моделюється у формі паралелепіпеда з відомими розмірами $a \times b \times c$ (рис.1). Вважається, що переміщення точок здійснюються у напрямі вертикальної осі і може бути подане у вигляді масиву значень:

$$Z_{ij} = f(x_i, y_j), \quad (1)$$

де x_i, y_j – координати точок розрахункової сітки, обраної на досліджуваному фрагменті поверхні. Позначивши через $\vec{U}(u, v, w)$ вектор переміщення, де u, v, w – координати вектора переміщень в декартовій системі координат $Oxyz$, як модельне допущення приймемо, що для компонент вектора \vec{U} справедливі наступні числові характеристики:

$$u = 0, v = 0, w = f(x, y). \quad (2)$$

З точки зору практичного застосування можна знехтувати переміщеннями по осях Ox та Oy , хоча в реальних системах вони приймають деякі ненульові значення. Проте апаратними засобами, як правило, вдається виміряти саме переміщення вздовж вертикальної осі. Задача врахування переміщень вздовж інших осей може бути розв'язана шляхом узагальнення запропонованого методу інтерполяції на випадок дво- та тривимірних переміщень

Якщо переміщення точок поверхні задані у формі (1), то вводячи розрахункову сітку $0 \leq x_i \leq a; 0 \leq y_j \leq b$ для кожного січення виду $x_i = const; y_j = const$ відомі координати вузлових точок для вказаного січення.

За вказаними даними необхідно відтворити поверхню α фрагмента труби з дефектом типу вмятини або випуклості і оцінити зміну напружено-деформованого стану об'єкта. Задача такого роду є некоректно поставленою [1], оскільки вона немає єдиного розв'язку і є нестійкою за початковими умовами розташування вузлів. Проте, виходячи з фізичних міркувань, вдається задати параметричне подання точок на всій досліджуваній області дефекту. Нехай необхідно визначити координату z точки A на поверхні α , яка характеризується відомими координатами (x_m, y_n) , що не співпадають з вузловими точками, в яких відомі значення координати $z = z_{ij}$ (1). Для визначення координати $z = z_{mn}$ точки A проведемо наступні обчислювальні процедури. Розглянемо вказаний деформований фрагмент труби (рис.1). Для кожного січення $y = y_j, j = 1, \dots, N$, будемо лінії $S_{y_j}, j = 1, \dots, N$ за допомогою інтерполяційного кубічного сплайну визначаємо значення $S_{y_j}(x_m)$, за якими на сітці $0 \leq y_j \leq b$ будемо інтерполяційний кубічний сплайн $F(y)$. В такому разі для визначення координати z точки A одержимо, що

$$Z_1 = z_{mn} = F(y_m). \quad (3)$$

Процедура побудови інтерполяційного кубічного сплайну здійснюється за відомим алгоритмом, який зводиться до розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь з тридіагональною матрицею методом прогонки [2]. Алгоритм побудови кубічного сплайну передбачає можливість

врахування широкого класу крайових умов для задання поверхні. Проводячи аналогічні міркування, для кожного січення $x=x_i, i=1, \dots, M$ будуємо лінії Sx_i і визначаємо значення $Sx_i(y_n)$, за якими на сітці $0 \leq x_i \leq a$ будуємо інтерполяційний кубічний сплайн

$\Phi(x)$. Після чого для визначення координати z точки А одержуємо таку формулу:

$$Z_2 = z_{mn} = \Phi(x_m). \quad (4)$$

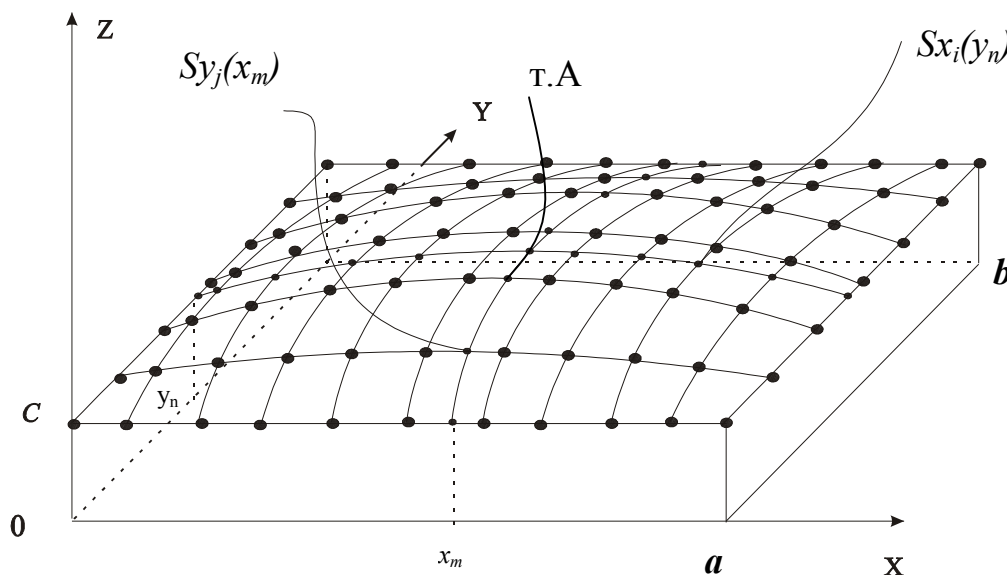


Рис. 1. Модель процесу деформування фрагменту поверхні та схема відтворення координат невузлових точок.

У випадку, якщо

$$|z_1 - z_2| < \varepsilon, \quad (5)$$

де ε – заданий рівень точності, то для практичних застосувань вибирається будь-який із вказаних сплайнів. Якщо ж умова (5) не виконується, то як базовий сплайн вибирається такий, в напрямку якого координати точок поверхні змінюються інтенсивніше, а для забезпечення виконання умови

$$Z_1 = Z_2 \quad (6)$$

проводиться наступна процедура: якщо координати точок поверхні змінюються інтенсивніше в напрямку сплайну $F(y)$, то замість $\Phi(x)$ вибирається сплайн $\Phi(x)$, який будується аналогічно до $\Phi(x)$, з доповненням єдиної вузлової точки з координатами: $(x_m, F(y_n))$.

У відповідності з залежностями (2) обчислюються компоненти тензора деформацій:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} = 0, \quad \varepsilon_{22} = 0, \quad \varepsilon_{33} = 0, \quad \varepsilon_{12} = 0, \\ \varepsilon_{13} = \frac{1}{2} \frac{d\Phi(x)}{dx}, \\ \varepsilon_{23} = \frac{1}{2} \frac{dF(y)}{dy}, \end{aligned} \quad (7)$$

та компоненти тензора напружень:

$$\begin{aligned} P_{11} = 0, \quad P_{22} = 0, \quad P_{33} = 0, \quad P_{12} = 0, \\ P_{13} = 2\mu\varepsilon_{13}, \\ P_{23} = 2\mu\varepsilon_{23}, \end{aligned} \quad (8)$$

де μ – параметр Ламе для трубопровідної сталі.

Тут враховано, що відповідні компоненти тензорів деформацій та напружень можуть бути визначені за формулами, справедливими для оцінки малих пружних деформацій. В силу обраного способу задання вектора переміщень відсутні осьові компоненти тензора напружень, які при вказаному типі дефекту не справляють вирішального впливу на картину напруженого стану фрагмента поверхні, використано наступні формули для проведення розрахунку пружних деформацій:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad i, j = 1, 2, 3,$$

$$x_1 = x, \quad x_2 = y, \quad x_3 = z,$$

$$P_{ij} = \lambda I_1(\varepsilon) g_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij}, \quad i, j = 1, 2, 3,$$

$$I_1(\varepsilon) = \varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} = 0.$$

За розробленою розрахунковою схемою проведено тестові розрахунки для модельних поверхонь. У випадку, коли точки розрахункової сітки вибирались на поверхні другого порядку, умова (5) виконується. Причому $\varepsilon = 0$. Це узгоджується з теоретичним положенням про те, що кубічний інтерполяційний сплайн точно відтворює криві до третьої степені включно. У випадку довільного задання вектора переміщень для вибору одного із двох способів задання поверхні реалізується обчислювальна процедура, при якій забезпечується виконання умови (6).

Одержане таким чином параметричне подання поверхні фрагменту трубопроводу дозволяє не тільки оцінювати величину виникаючих в зоні дефекту напружень, але і задавати закон зміни геометрії в кожній точці модельованої поверхні, що особливо важливо при вивченні процесу локальних деформацій тіла. На точність подання поверхні впливають наступні фактори: точність вимірювання переміщень апаратними засобами неруйнівного контролю та початкова форма деформованого фрагменту. Необхідний для практичних розрахунків рівень точності забезпечується відповідним вибором кроку розміщення вузлів, в яких проводиться вимірювання.

1. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. - М.: Наука, 1979.-285 с.
2. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. - М.: Наука, 1989. - 432 с.

УДК 631.413.6:550.4.02(477.52)

ФІЗИКО-ХІМІЧНИЙ КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ КОРОЗІЙНОЇ АГРЕСИВНОСТІ ҐРУНТІВ НА ПРИКЛАДІ ОКРЕМИХ ДІЛЯНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

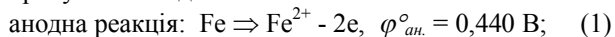
© Медведик О.В., Сиса Л.В., Слободян Б.В., 2001
ДП "Укрортехдіагностика" (м. Львів)

Оцінені значення Eh та рН ґрунтів на ділянках проходження магістральних газопроводів "Прогрес" і "Уренгой – Ужгород". Визначені значення захисного потенціалу для надійного захисту матеріалу труби в місцях пошкодження ізоляції для цих цілей. Запропонований комплексний критерій для оцінки корозійної агресивності ґрунтів за трьома фізико-хімічними параметрами – питомим електроопором, Eh та рН.

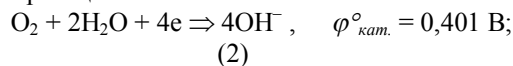
Розрахунок параметрів катодного захисту підземних сталевих споруд здійснюється шляхом графічного аналізу поляризаційних кривих катода і анода. При цьому потрібно будувати теоретичні та фактичні криві, на форму яких впливають власні потенціали катода і анода, поляризація допоміжного анода, його конструкційні особливості, перенапряга іонізації кисню (у випадку кисневої деполіаризації), концентраційна та дифузійна складові поляризації електродів та велика кількість інших факторів [1].

На практиці для визначення параметрів катодного захисту часто використовується спрощена схема - теоретичний розрахунок величини електрорушійної сили (е.р.с.) реакції окиснення

заліза киснем у нейтральному середовищі в присутності води:



катодна реакція:



сумарна реакція: $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2$,

$$\text{е.р.с.} = \varphi_{\text{сум}}^{\circ} = \varphi_{\text{ан}}^{\circ} + \varphi_{\text{кат}}^{\circ} = 0,841 \text{ В}. \quad (3)$$

Вважається, що для погашення даного процесу достатньо подати на метал трубопроводу негативний потенціал, рівний або дещо вищий по