

УДК 622.692.4.07

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РИЗИКІВ З'ЄДНУВАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ПІДЗЕМНИХ СХОВИЩ

© Г.М. Кривенко

ІФНТУНГ; 15, вул. Карпатська, м. Івано-Франківськ, 76019. Тел (03422)42157, e-mail: public@ifdtung.if.ua

Для прогнозирования технических рисков соединительных трубопроводов подземных хранилищ предложена методика упрощенной аналитической реализации задачи распределения давления вдоль трубопровода с учетом его скачкообразного изменения.

For prediction underground gas storage facilities connecting pipelines technical risks a method of simplified analytical realization of the pressure distribution problem along the pipeline subject to its discontinuous changes is given.

Для зберігання стратегічних запасів як газу, так і нафтопродуктів в Україні використовуються підземні сховища. Якщо для підземного зберігання газу використовуються виснажені газові поклади, або водоносні пласти, то для зберігання нафтопродуктів – штучно створені підземні ємності, в тому числі в соляних монолітах.

Підземні сховища мають мережу трубопроводів, які з'єднані з магістральними трубопроводами.

З метою прогнозування технічних ризиків з'єднувальних трубопроводів необхідно враховувати можливість їх відмов, які зв'язані з стрибкоподібною зміною тиску. Ці зміни виникають у зв'язку з тим, що частота струму в електричних мережах України є нестабільною. Це призводить до появи нестационарних процесів у трубопроводах. Цей фактор необхідно враховувати у прогнозуванні технічних ризиків.

Для прогнозування розподілу тиску по довжині трубопроводу з урахуванням його стрибкоподібною зміни на початку трубопроводу використано закони збереження маси і кількості руху [1]

$$-\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial(\rho v)}{\partial x} \quad (1)$$

$$-\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha \rho v^2)}{\partial x} + \rho g \sin \varphi + \frac{\lambda}{2d} \rho v^2, \quad (2)$$

де ρ – густина;

t – час;

v – середня швидкість;

P – тиск;

α – коефіцієнт нерівномірності розподілу швидкостей;

x – лінійна координата;

λ – коефіцієнт гідравлічного опору;

g – прискорення вільного падіння;

φ – кут нахилу трубопроводу.

Відомі числові методи реалізації розглянутої системи рівнянь (1, 2) вимагають великих затрат при розрахунках, пов'язаних з підготовкою вихідних даних до розрахунку. Тому для випадків прогнозування аварійних режимів трубопроводів ці методи не придатні, оскільки не дозволяють знайти оперативне рішення для виявлення пошкодження трубопроводу. Тому запропонована методика спрощеної аналітичної реалізації задачі.

Згідно [2] система рівнянь (1, 2) матиме такий розв'язок:

$$P_x = P_{II} - \frac{x}{L}(P_{II} - P_K) + \Delta P \left(\frac{l-x}{l} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{n\pi} \sin \frac{n\pi(l-x)}{l} * e^{-n^2 \pi^2 b^2 t / l^2} \right) \quad (3)$$

де P_{II} – тиск на початку трубопроводу без врахування його стрибкоподібною зміни; l – довжина трубопроводу; x – лінійна координата; P_K – тиск в кінці трубопроводу; ΔP – стрибкоподібна зміна тиску; t – час.

Отже, рівняння (3) – залежність для визначення розподілу тиску по довжині трубопроводу з врахуванням його стрибкоподібної зміни.

Проведемо розрахунки розподілу тисків у трубопроводі за залежністю (3) в діапазоні зміни n від одиниці до семи (n – будь-яке ціле число), використавши пакет програм в середовищі Excel. Результати розрахунків зображено на рис. 1, аналіз якого вказує на те, що у визначенні стрибкоподібної зміни тисків у залежності від часу, максимальне значення n не повинно перевищувати п'яти. Запропонована залежність (3) відтворює реальні процеси затухання стрибкоподібної зміни тиску в часі та по довжині трубопроводу. На рис. 2 зображено результати розрахунків розподілу тисків по довжині трубопроводу та в часі.

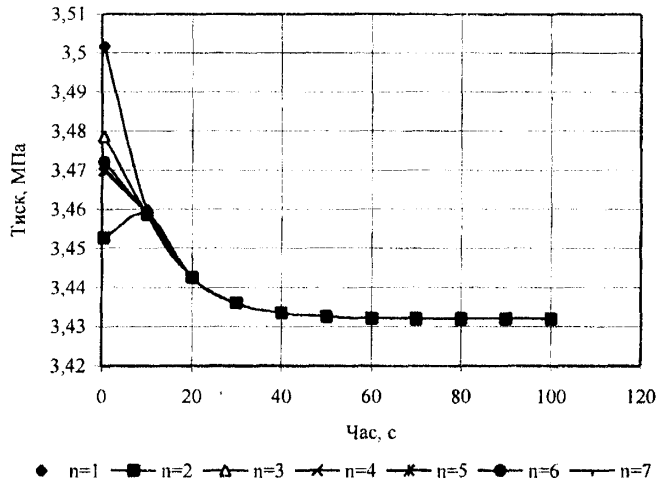


Рисунок 1 – Розподіл тиску в часі для $x = 10$ км

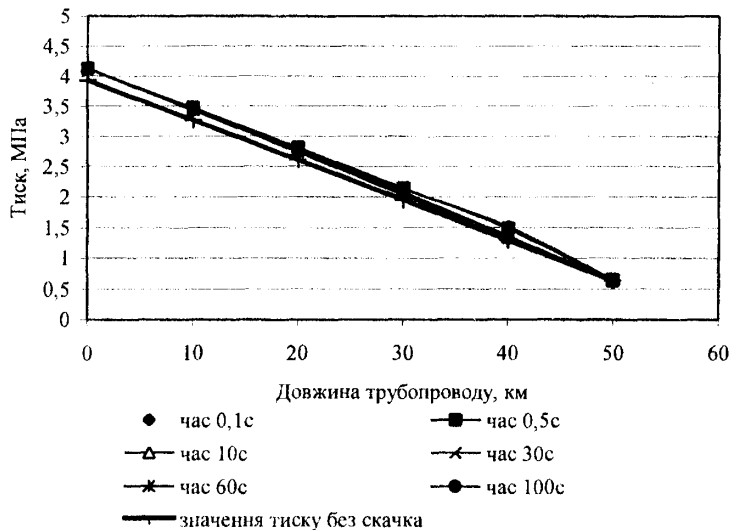


Рисунок 2 – Залежність розподілу тиску по довжині і в часі

Залежність (3), в якій враховується стрибкоподібна зміна тиску, дозволяє прогнозувати можливі максимальні тиски на початку трубопроводу, і аналізувати, чи будуть вони безпечними в процесі експлуатації трубопроводів, чи не перевищуватимуть значення пониженого тиску, який обчислюється з урахуванням дефектів у тілі труби, чи зможуть забезпечити безаварійну експлуатацію трубопроводів.

Література

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1970. – 904 с.
2. Джеффрис Г., Свирлс Б. Методы математической физики. – М.: Мир, 1969. – 423 с.