

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ТЕЧІЇ ГАЗУ ПО ДІЛЯНЦІ ТРУБОПРОВОДУ З ВИТОКОМ

Павлюк О.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гусарова І.Г.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: oleksii.pavliuk@nure.ua

This work is devoted to the construction of a mathematical model of unsteady nonisothermal modes of gas flow with consideration of kinetic energy in a linear section of a pipeline with a leak. The obtained results can be used at the stage of design, construction and reconstruction of main pipeline networks in order to develop scientifically sound recommendations for improving the safety and efficiency of the pipeline system.

Для покращення загальної безпеки газотранспортної системи та зменшення ризиків появи надзвичайних ситуацій при експлуатації газопроводу необхідно проводити оцінку безпеки його роботи, своєчасно виявляти аварійні витoki, появу несанкціонованих відборів та інших нештатних ситуацій.

Метою роботи є побудова математичної моделі нестационарного неізотермічного режиму течії газу (НН РТГ) з урахуванням кінетичної енергії по лінійній ділянці трубопроводу (ДТ) з витоком.

Розглядається лінійна ДТ циліндричної форми заданого діаметру D з жорсткими стінками та довжиною L . При виникненні ситуацій, пов'язаних з витоком газу, можна вважати, що ДТ в точці витоку $X_{\text{вит}}$ розбивається на дві ділянки трубопроводу з довжинами L_1 та L_2 , які з'єднанні проміжним вузлом. Для такого режиму течії газу в області $\Omega = \{(x, t), x \in [0, L], t \in [0, T_{\text{кін}}]\}$, де $T_{\text{кін}}$ – кінцевий час процесу, що розглядається, визначними параметрами є неперервно диференційовані функції $W(x, t)$ – питома масова витрата газу, $P(x, t)$ – тиск газу, $T(x, t)$ – температура газу.

Математична модель НН РТГ з урахуванням кінетичної енергії по лінійній ДТ з витоком матиме вигляд квазілінійних систем диференціальних рівнянь в частинних похідних гіперболічного типу [1]:

$$\frac{\partial f^k(x, t)}{\partial t} + B^k(x, t, f^k(x, t)) \frac{\partial f^k(x, t)}{\partial x} = F^k(x, t, f^k(x, t)), \quad k = 1, 2, \quad (1)$$

де $f^k(x, t) = (W^k(x, t), P^k(x, t), T^k(x, t))$; $W^k(x, t)$, $P^k(x, t)$, $T^k(x, t)$ – питома масова витрата, тиск і температура відповідно на k -ї ДТ, $k = 1, 2$,

$$B^k(x, t, f^k(x, t)) =$$

$$= \begin{bmatrix} 2\alpha S \frac{T^k(x,t)W^k(x,t)}{P^k(x,t)} & 1 - \alpha S \frac{T^k(x,t)(W^k(x,t))^2}{(P^k(x,t))^2} & 0 \\ \alpha S T^k(x,t) & 0 & 0 \\ \frac{2P^k(x,t)T^k(x,t)}{(W^k(x,t))^2} + \frac{\alpha S (T^k(x,t))^2}{P^k(x,t)} & \frac{-2T^k(x,t)}{W^k(x,t)} & \frac{2\alpha S W^k(x,t)T^k(x,t)}{P^k(x,t)} + \frac{2C_p P^k(x,t)}{\alpha S W^k(x,t)} \end{bmatrix}$$

$$F^k(x,t, f^k(x,t)) = \begin{bmatrix} -\frac{g}{\alpha S} \cdot \frac{P^k(x,t)}{T^k(x,t)} \frac{dh}{dx} - \beta S \frac{T^k(x,t)W^k(x,t)|W^k(x,t)|}{P^k(x,t)} & 0 \\ \frac{2\beta S (T^k(x,t))^2 |W^k(x,t)|}{P^k(x,t)} - \frac{8KP^k(x,t)}{D\alpha S (W^k(x,t))^2} (T^k(x,t) - T_{gr}) \end{bmatrix}$$

які доповнюються умовами узгодженості параметрів газового потоку в точці витоку газу:

$$P^1(L_1, t) = P^2(0, t), T^1(L_1, t) = T^2(0, t), T_{vt}(L_1, t) = T^1(L_1, t), \quad (2)$$

$$G^2(0, t) = G^1(L_1, t) - G_{vt}(t) \quad (3)$$

де $t \in [0, T_{кин}]$, $G^1(L_1, t)$, $G^2(0, t)$, $P^1(L_1, t)$, $P^2(0, t)$, $T^1(L_1, t)$, $T^2(0, t)$ – масова витрата, тиск та температура газу в кінці першої та на початку другої ДТ відповідно, $T_{vt}(L_1, t)$ – температура витоку газу, $G_{vt}(t)$ – масова витрата газу у точці витоку газу.

Крім того задаються граничні умови та початкові умови. В якості початкового розподілу параметрів газового потоку розглядаються параметри стаціонарного режиму течії газу.

Отримані результати можуть бути використані для надання науково обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення безпеки та ефективності роботи газотранспортної системи.

Список використаних джерел:

1. Husarova I. H., Tevyashev A. D., Tevyasheva O. A. Mathematical modeling of non-stationary gas flow modes along a linear section of a gas transmission system. *Mathematical Modeling and Computing*. 2022. № 9(2). P. 416–430.