УДК 517.927:517.95]:519.6
DOI: https://doi.org/10.30837/IYF.CVSAMM.2024.292

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ПО ЛІНІЙНІЙ ДІЛЯНЦІ ГАЗОГОНУ З УРАХУВАННЯМ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

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

In this work, the non-stationary non-isothermal mode of gas transport along the linear section of the gas pipeline, which consists of two consecutive pipeline sections of different diameters, is considered. The need to model a given structure may arise as a result of an unexpected situation in which the analysis of changes in the process of gas transportation through sections of different diameters is required.

В даній роботі розглядається нестаціонарний неізотермічний режим течії газу (НН РТГ) по лінійній ділянці газогону, яка складається з двох послідовних ділянок трубопроводу різного діаметру. Необхідність моделювання НН РТГ по ділянці заданої структури, може виникнути, наприклад, внаслідок нештатних ситуації. На рис. 1 схематично зображена ділянка газогону, на якому I, II –ділянки газогону; 1, 2, 3 – вузли, де 1, 3 – вузли входу та виходу, а 2 – проміжний вузол.

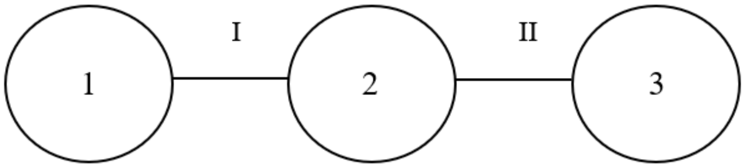

Рисунок 1 – Лінійна ділянка газогону

Математична модель НН РТГ з урахуванням кінетичної енергії для лінійної ділянки газогону заданої структури в матричному вигляді має вигляд [1]:

$$\frac{\partial \phi^k}{\partial t} + B^k\left(x,t,\phi^k\right)\frac{\partial \phi^k}{\partial x} = \Phi^k\left(x,t,\phi^k\right), k=\overline{1,2}, \qquad (1)$$

де матриці B^k, Φ^k, за обраними визначними параметрами, мають вигляд:

$$B^k = \begin{bmatrix} 2T^k\alpha_0 \dfrac{G^k}{S^kP^k} & 1-\alpha_0 T^k \dfrac{(G^k)^2}{(S^k)^2(P^k)^2} & 0 \\ \alpha_0 T & 0 & 0 \\ \dfrac{2P^kT^k(S^k)^2}{(G^k)^2} + \dfrac{\alpha_0 (T^k)^2}{P^k} & \dfrac{-2T^kS^k}{G^k} & \dfrac{2\alpha_0 G^kT^k}{S^kP^k} + \dfrac{2S^kC_pP^k}{\alpha_0 G^k} \end{bmatrix},$$

$$\Phi^k = \begin{bmatrix} -\beta_0 T^k \dfrac{G^k \left|G^k\right|}{D^k \left(S^k\right)^2 P^k} - \dfrac{g}{\alpha_0}\dfrac{P^k}{T^k}\dfrac{dh}{dx} \\ 0 \\ 2\beta_0 \dfrac{(T^k)^2 \left|G^k\right|}{S^k D^k P^k} - \dfrac{8(S^k)^2 K P^k}{D^k \alpha_0 (G^k)^2}\left(T^k - T_{гр}\right) \end{bmatrix},$$

де $\phi^k\left(x,t\right) = \left(G^k\left(x,t\right), P^k\left(x,t\right), T^k\left(x,t\right)\right)$, $\alpha_0 = zgR$, $\beta_0 = \dfrac{\lambda\alpha_0}{2}$.

Система (1) доповнюється умовами узгодження у проміжному другому вузлі:

$$G^{\mathrm{I}}(L,t) = G^{\mathrm{II}}(0,t), \tag{2}$$

$$T^{\mathrm{I}}(L,t) = T^{\mathrm{II}}(0,t), \tag{3}$$

$$P^{\mathrm{I}}(L,t) = P^{\mathrm{II}}(0,t), \tag{4}$$

де $G^{\mathrm{I}}(L,t), G^{\mathrm{II}}(0,t)$ – масова витрата на кінці 1-ї та на початку 2-ї ділянці; $T^{\mathrm{I}}(L,t), T^{\mathrm{II}}(0,t)$ – температура на кінці 1-ї та на початку 2-ї ділянці; $P^{\mathrm{I}}(L,t), P^{\mathrm{II}}(0,t)$ – тиск на кінці 1-ї та на початку 2-ї ділянці.

Систему (1)–(4) необхідно доповнити граничними умовами для першого вузла, тобто входу,

$$\begin{cases} P^{(1)}_{вуз}(t) = P^{(1)}\left(t\right), \\ T^{(1)}_{вуз}(t) = T^{(1)}\left(t\right), \end{cases} \tag{5}$$

та граничними умовами для третього вузла, тобто виходу,

$$G^{(3)}_{вуз}\left(t\right) = G^{(3)}\left(t\right), \tag{6}$$

де $P^{(1)}\left(t\right)$, $T^{(1)}\left(t\right)$, $G^{(3)}\left(t\right)$ – задані функції; $G^{(3)}_{вуз}\left(t\right)$ – масова витрата у третьому вузлі; $P^{(1)}_{вуз}(t)$, $T^{(1)}_{вуз}(t)$ – тиск і температура у першому вузлі.

Крім того задається початковий розподіл, в якості якого береться стаціонарний розподіл.

Отриману математичну модель можна застосовувати для моделювання нестаціонарних неізотермічних режимів транспорту газу по лінійній ділянці газогону, яка складається з двох послідовних ділянок трубопроводу різного діаметру в аварійних та позаштатних ситуаціях при різкій зміні параметрів $P^{(1)}_{вуз}(t)$ або/та $T^{(1)}_{вуз}(t)$ або/та $G^{(3)}_{вуз}\left(t\right)$.

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.