

УДК 622.691.4:519.86

МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ПО ДІЛЯНЦІ ТРУБОПРОВОДУ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ ЗІ ЗМІННИМ ПЕРЕРІЗОМ

Калина О.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Гусарова І.Г.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
тел. +38(057) 702-14-36, email: olha.kalyna@nure.ua

This work is devoted to a problem statement of a mathematical modelling of non-stationary regimes on large diameter pipeline section with variable cross-section. The pipeline segment viewed as a combination of two pipes, connected through an adapter. To improve the accuracy of thermal process description during gas expansion in large diameter pipes, the Joule-Thomson effect is proposed to be incorporated into the mathematical model. This approach can be applied to model non-stationary regimes in challenging areas and enhance the efficiency and safety of gas pipeline operations.

В даній роботі розглядається формальна постановка задачі моделювання нестационарних неізотермічних режимів по ділянці трубопроводу (ДТ) великого діаметру змінного перерізу. Під ділянкою трубопроводу зі змінним перерізом розуміється дві труби різного діаметру, які з'єднані між собою за допомогою перехідника. Для поліпшення точності опису теплового процесу під час розширення газу в трубах з великим діаметром, запропоновано враховувати ефект Джоуля-Томсона у математичній моделі. Цей підхід може бути застосований для моделювання нестационарних режимів у складних місцях трубопроводу та підвищення ефективності та безпеки роботи газопроводу.

Нестационарний неізотермічний режим транспорту газу (ННРТГ) по ділянці трубопроводу в загальному випадку, описується квазілінійною системою диференціальних рівнянь в частинних похідних (ДРЧП) гіперболічного типу, отриманої із загальних рівнянь газової динаміки з урахуванням відсутності масообміну з навколишнім середовищем, стаціонарності режимів теплообміну з навколишнім середовищем та нехтуванням теплофізичними властивостями середовища [1].

Для досягнення більш високої точності моделювання процесів транспорту газу по ділянці газопроводу великого діаметру, необхідно враховувати ефект Джоуля-Томсона. Тому початкова система буде змінена з урахуванням рівняння енергії виду:

$$E = U_{\text{внутр}} = I - \frac{P}{\rho} = C_p T - C_p D_j P - \frac{P}{\rho}.$$

Враховуючи, що розглядається ділянка трубопроводу зі змінним пе-

перізом, діаметр $D = D(x)$, та обираючи в якості визначних параметрів $G(x, t)$, $P(x, t)$, $T(x, t)$, система ДРЧП, яка описує ННРТГ, приймає вигляд:

$$\frac{\partial G}{\partial t} + \left(S - \frac{\alpha_1 T G^2}{SP^2} \right) \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{2\alpha_1 T G}{SP} \frac{\partial G}{\partial x} + \frac{\lambda \alpha_1}{2D(x)} \frac{TG|G|}{PS} + \frac{gSP}{\alpha_1 T} \frac{dh}{dx} = 0,$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\alpha_1 T}{S} \frac{\partial G}{\partial x} = 0,$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\alpha_1 \gamma}{T - \gamma D_j P} \frac{T^2 G}{SP} \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\alpha_1 T^2}{SP} \left(\frac{T\gamma}{T - \gamma D_j P} - 1 \right) \frac{\partial G}{\partial x} - \frac{\alpha_1 \gamma D_j}{T - \gamma D_j P} \times$$

$$\times \frac{T^2 G}{SP} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{4K(\gamma - 1)}{D} \frac{T^2 (T - T_{zp})}{P(T - PD_j \gamma)} + \frac{g(\gamma - 1)}{T - \gamma D_j P} \frac{T^2 G}{SP} \frac{dh}{dx} = 0,$$

де $\alpha_1 = zgR$;

$$\gamma = \frac{C_p}{C_p - zgR};$$

$S(x)$ – площа поперечного перерізу трубопроводу;

$G(x, t)$ – функція масової витрати;

$D(x)$ – функція діаметру труби змінного перерізу;

$P(x, t)$ – функція тиску;

$T(x, t)$ – функція температури;

C_p – питома теплоємність газу;

D_j – коефіцієнт Джоуля-Томсона;

K – коефіцієнт теплопередачі від труби до ґрунту;

h – глибина залягання труби;

g – прискорення вільного падіння.

Запропонована математична модель, створена для опису нестационарних неізотермічних режимів течії газу через трубопровід великого діаметру зі змінним перерізом, може бути використана для моделювання нестационарних режимів в складних областях, таких як проходження трубопроводу через гірські масиви або водойми, а також в аварійних та нештатних ситуаціях.

Список використаних джерел:

1. Васильев, О.Ф., Бондарев Э.А., Воеводин, А.Ф., & Каниболотский, М.А. (1978). *Неизотермическое течение газа в трубах*. Наука.