

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ПО ДІЛЯНЦІ ТРУБОПРОВОДУ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ З УРАХУВАННЯМ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Одним з важливих питань газотранспортної системи (ГТС) України є велика ступінь нестационарності режимів роботи. Такі режими найчастіше викликані аварійними ситуаціями, важко передбачувані і погано керовані, а їх наслідки можуть призводити до величезних збитків. Тому при експлуатації ГТС велика увага приділяється забезпеченню її надійності і безпеки. Однак як показує практика повністю виключити ризик аварій на ГТС неможливо, тому гостро постає питання про спосіб забезпечення швидкого, стабільного і безпечного транспорту газу, своєчасного попередження аварій, а також ефективного управління ГТС.

На сучасному рівні розвитку ГТС рішення таких проблем базується, в тому числі, і завдяки комп'ютерному моделюванню нестационарних неізотермічних режимів роботи ГТС, яке дає можливість описувати і прогнозувати штатні та позаштатні режими роботи ГТС, включаючи аварійні ситуації та їх наслідки.

В якості математичної моделі (ММ) нестационарних неізотермічних режимів течії газу (ННРТГ) по ділянці трубопроводу великого діаметра запропонована квазілінійна система диференціальних рівнянь в частинних похідних гіперболічного типу, що враховує кінетичну енергію і ефект Джоуля-Томпсона в рівнянні енергії:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \left(1 - \alpha TS \frac{W^2}{P^2}\right) \frac{\partial P}{\partial x} + 2\alpha TS \frac{W}{P} \frac{\partial W}{\partial x} + \beta TS \frac{W|W|}{P} + \frac{g}{\alpha S T} \frac{P}{dx} = 0, \quad (1)$$

та

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \alpha TS \frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} + \left(\frac{\alpha^2 S^2 T^2}{PC_p} + \alpha STD_i\right) \frac{\partial W}{\partial x} + \left[-\frac{\alpha^2 S^2 T^2 W}{P^2 C_p} - \frac{\alpha STD_i W}{P}\right] \frac{\partial P}{\partial x} + \left[\frac{\alpha STW}{P} + \frac{\alpha^3 S^3 T^2 W^3}{P^3 C_p}\right] \frac{\partial T}{\partial x} = \\ = \frac{4K\alpha ST}{DPC_p} (T_{sp} - T) + \frac{\alpha^2 \beta S^3 T^3 W^3}{P^3 C_p}, \quad (3) \end{aligned}$$

де  $W(x, t)$ ,  $T(x, t)$ ,  $P(x, t)$  – питома масова витрата, температура, тиск газу,  $t, x$  – часова і просторова координата,  $D$  – діаметр труби,  $K$  –

коефіцієнт теплопередачі від труби до ґрунту,  $T_{sp}$  – температура ґрунту,  $h$  – глибина залягання труби,  $\beta$  – поправка Коріоліса на нерівномірний розподіл швидкостей в перетині,  $g$  – прискорення вільного падіння,  $S$  – площа поперечного перерізу,  $C_p$  – питома теплоємність газу [1].

Для розв'язання системи (1) – (3), доповненої початковими і граничними умовами обрано найбільш популярний серед методів – метод скінченних різниць з використанням неявної рівномірної скінченно-різницевої сітки [2].

Для комп'ютерного моделювання створено програмний продукт в якому розглянемо задачу підключення і відключення великого споживача. Також за допомогою програмної реалізації порівняно результати обчислень, витрат часу на роботу програми при використанні нестационарної моделі на кожному часовому шарі з різною кількістю точок розбиття ділянки трубопроводу.

Метою роботи є вибір та побудовання математичної моделі нестационарного неізотермічного режиму течії газу по ділянці трубопроводу великого діаметру з урахуванням кінетичної енергії, створення програмного продукту для моделювання параметрів газового потоку при ННРТГ, аналіз результатів.

За результатами даного дослідження була обрана та побудована математична модель ННРТГ по ділянці трубопроводу великого діаметру з урахуванням кінетичної енергії; побудований програмний продукт моделювання ННРТГ по ділянці трубопроводу; отримані результати, які можна вважати корисними для розробки нових способів збільшення надійності газотранспортних систем, прогнозування режимів течії газу, особливо в нештатних та аварійних ситуаціях, та моделювання більш складних систем.

### Список літератури

1. Смоковський Р. С. Моделювання нестационарних режимів по ділянці трубопроводу великого діаметру з урахуванням кінетичної енергії // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті*. 2020. Т. 7. С. 101–102.

2. Гусарова І. Г. Численне моделювання режимів течення газу методом кінцевих різниць / І.Г. Гусарова, Д.В. Мелиневський // *Системи Обробки Інформації: збірник наукових праць*. – 2016. – №4(141). – С. 23 – 27.