

УДК 004.942:519.6

РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ТЕЧІЇ ГАЗУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ХАРАКТЕРИСТИК

Костенко М.Ю.

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: marharyta.kostenko@nure.ua

This work is devoted to the numerical solution of the problem of modeling the non-stationary mode of gas flow in the pipeline section, taking into account the kinetic energy and given the initial conditions, using the method of characteristics. The parameters of the gas flow and the time of the transition process were obtained. The obtained results can be used to prevent emergency situations in pipeline systems.

Моделювання є найбільш ефективним способом дослідження складних систем як на етапі їх проектування, так і в процесі експлуатації. Можливості моделювання систем не стоять на місці, постійно з'являються найновіші методи та технології моделювання. Сучасні технології моделювання не тільки полегшили і прискорили процес побудови та дослідження моделі, але й допомогли прогнозувати поведінку системи у нештатних ситуаціях.

Розглянемо ділянку трубопроводу (ДТ) [1], що функціонує в нестационарному режимі, тобто течія газу змінюється за часом, та на кінці ДТ відбувається різка зміна витрати газу. Нестационарні режими течії газу можна описати за допомогою математичної моделі, яка враховує кінетичну енергію і представляє систему диференціальних рівнянь в частинних похідних гіперболічного типу [2] з заданими початковими умовами:

$$\begin{cases} W(x, 0) = W_0(x), \\ P(x, 0) = P_0(x), \\ T(x, 0) = T_0(x), \end{cases} \quad x \in (0, L),$$

де $W_0(x)$, $P_0(x)$, $T_0(x)$ – задані функції.

Головна задача моделювання такого режиму – оцінка часу поширення хвилі збурення перехідного процесу. Обираємо явний метод характеристик [1] та за допомогою системи рівнянь математичної моделі відповідно до методу отримуємо рівняння напряму характеристик та диференціальні рівняння на характеристиках. Ці співвідношення та процес їх отримання викладений в роботі [3].

Була складена програма, що базується на методі характеристик і що дозволяє моделювати нестационарний режим течії газу по ДТ, який залежить від початкових умов. За допомогою цієї програми був проведений

експеримент та проведені розрахунки необхідних параметрів газового потоку (питомої масової витрати, тиску, температури) нестационарного режиму течії газу по ділянці трубопроводу на кожному часовому шарі, які залежать від початкового розподілу, а також знайдений час поширення перехідного процесу. У ході експерименту перевірялася робота алгоритму методу характеристик у випадку, коли відбувається зміна значення комерційної витрати наприкінці ділянки трубопроводу, а також досліджувалася залежність комерційної витрати q , тиску P і температури T від кількості точок розбиття N . Нижче наведена таблиця отриманих значень параметрів на останньому часовому шарі для різних N , де N – кількість точок розбиття ділянки.

Таблиця 1

N	Довжина ділянки x (км)	Час t (с)	Витрата газу q (млн м ³ /добу)	Тиск P (атм)	Температура T (°C)
$N_1 = 28$	27,952	0,1392	103,9580	78,0433	30,7803
$N_2 = 56$	27,9521	0,1390	103,5260	78,035	30,9941
$N_3 = 112$	27,9521	0,1390	102,7800	78,0205	31,3576

Як бачимо із таблиці, час поширення розглянутого перехідного процесу, залежного від початкових умов, складає 0,139 с.

Отримані дані можна використовувати на ділянках трубопроводу, де є витоки в кінці ділянки або при інших непередбачуваних ситуаціях для прогнозу поведінки системи та запобіганню аварійних ситуацій.

Список використаних джерел:

1. Гусарова, И.Г., & Ягупова, Ю.В. (2014). Использование метода характеристик при моделировании нестационарных режимов течения газа по участку трубопровода. *VI Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии»: тезисы докладов, 17-18 апреля 2014 г., г. Харьков, 225*.
2. Husarova, I.H., Tevyashev, A.D., & Tevyasheva, O.A. (2022). Mathematical modeling of non-stationary gas flow modes along a linear section of a gas transmission system. *Mathematical Modeling and Computing*, 9, 2, 416–430. DOI: 10.23939/mmc2022.02.416.
3. Костенко М.Ю. (2022). Застосування методу характеристик при моделюванні нестационарних режимів течії газу по ділянці трубопроводу. *26-ий Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» (м. Харків, 2022 р.)*, 87.