

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА ПО УЧАСТКУ ТРУБОПРОВОДА МЕТОДОМ ХАРАКТЕРИСТИК

Современные технологии проектирования, строительства, эксплуатации и реконструкции сетей магистральных трубопроводов необходимо дополнять численными методами моделирования жизненного цикла рассматриваемой трубопроводной системы, в том числе методами моделирования режимов течения газа в аварийных или нештатных ситуациях. Такое дополнение указанных технологий гарантировано обеспечивает выработку научно обоснованных рекомендаций по повышению безопасности и эффективности работы трубопроводной системы. В работе рассматриваются нештатные или аварийные ситуации, причиной которых являются отключение или подключение крупных потребителей, несанкционированный отбор или утечка в трубопроводе. Такие режимы течения газа (РТГ) являются нестационарными неизотермическими.

Целью работы является выбор математической модели нестационарных неизотермических режимов течения газа по участку трубопровода (УТ), исследование метода характеристик, а также использование метода Массо и его модификации для решения системы дифференциальных уравнений гиперболического типа с известным начальным распределением и граничными условиями, анализ полученных результатов и выбор лучшего метода для данной задачи.

Нестационарный неизотермический режим течения газа (ННРТГ) по УТ описывается квазилинейной системой дифференциальных уравнений в частных производных, полученной из общих уравнений Навье-Стокса газовой динамики для одномерного случая. [1]

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + B(x, t, \Phi) \frac{\partial \Phi}{\partial x} = \Phi(x, t, \Phi), \quad (1)$$

где B , Φ – матрицы, элементы которых заданные непрерывно дифференцируемые в некоторой области изменения своих аргументов функции переменных x, t, W, P, T ; $\Phi = (W(x, t), P(x, t), T(x, t))$ – некоторое непрерывно дифференцируемое в области G' решение уравнения (1).

При этом система (1) дополняется заданными начальным распределением параметров газового потока и граничными условиями, после чего применяется метод характеристик. Суть этого метода заключается в уменьшении числа независимых переменных путем введения характеристических поверхностей.

Уравнения направлений характеристик имеют вид: $dt = \bar{\lambda}_i(x, t, \Phi)dx$, $i = 1, 2, 3$, где $\bar{\lambda}_i$ – корни уравнения

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 - 2\alpha TS \frac{W}{p} \bar{\lambda} & -\bar{\lambda}(1 - \alpha TS \frac{W^2}{p^2}) & 0 \\ -\bar{\lambda}\alpha TS & 1 & 0 \\ -\bar{\lambda}\alpha S \frac{T^2}{p}(\gamma - 1) & 0 & 1 - \bar{\lambda}\alpha TS \frac{W}{p} \gamma \end{vmatrix} = 0.$$

При решении системы (1) мы имеем три семейства характеристик и на каждом из этих семейств имеем свое дифференциальное соотношение. Для численного решения полученных дифференциальных уравнений характеристик применяется метод Массо и его модификация, в основе которых лежит замена дифференциальных уравнений характеристик соответствующими конечноразностными уравнениями. [2]

Для расчета параметров газового потока нужно построить сетку, согласно направлениям характеристик: отрезок $[0, L]$ делится на N частей, получаем точки x_i , $i = 1, \dots, N+1$. Для каждой точки на k -ом временном слое известны следующие параметры $(x_i, t_i, W_i(x_i, t_i), P_i(x_i, t_i), T_i(x_i, t_i))$. Этот алгоритм позволяет найти значения параметров на $k+1$ -ом временном слое, зная параметры с предыдущего слоя и граничные условия.

В результате исследований, был сделан вывод, что не зависимо от длины участка и диаметра трубопровода, при одинаковом количестве точек разбиения как модифицированный метод Массо так и метод Массо дают практически одинаковые результаты, но модифицированный метод Массо позволяет за меньшее расчетное время проводить расчет параметров газового потока при переходных процессах.

Список литературы

1. Тевяшев А.Д., Гусарова И.Г., Каминская А.В. Математическая модель и метод расчета нестационарных режимов в линейных участках магистральных газопроводов // Радиоэлектроника и информатика. — 2002. — №2 (37). — С.144-150.
2. Гусарова И.Г., Коротенко А.Н. Результаты численного моделирования режимов течения газа по участку трубопровода методом характеристик / И.Г. Гусарова, А.Н. Коротенко // Системи обробки інформації. — 2017. — № 2. — С. 24-28.