

Моделирование нештатных ситуаций на участке трубопровода методом характеристик

Гусарова И.Г., Коротенко А.Н., Харьковский национальный университет радиоэлектроники

На сегодняшний день проблемам развития эффективности и качества функционирования трубопроводного транспорта уделяется большое внимание. При этом проблема доставки газа потребителю без потерь остается актуальной для газотранспортных компаний Украины. Решение этой проблемы состоит в оперативном управлении транспортом газа, которое неосуществимо без полной автоматизации технологических процессов. В свою очередь полная автоматизация невозможна без математического и компьютерного моделирования, которые бы включали в себя все нюансы режимов транспорта газа.

Актуальность данных исследований определяется необходимостью научной разработки и аргументирования новых численных методов, которые бы позволили проводить моделирование нестационарных процессов течения газа и на их основе управление в нештатных и аварийных ситуациях в газотранспортной системе (ГТС). Стоит отметить, что необходимо разрабатывать такие методы, которые бы позволяли вести расчет параметров газового потока с необходимой точностью и требуемым быстродействием.

Целью работы является выбор математической модели нестационарных неизотермических режимов течения газа (ННРТГ) по участку трубопровода (УТ), описывающих нештатную ситуацию, связанную с отключением/включением крупного потребителя, исследование метода характеристик, а также применение модификации метода Массо для решения получающейся системы дифференциальных уравнений, расчет параметров газового потока по УТ при известном начальном распределении и граничных условиях и анализ результатов, полученных после применения информационных технологий при моделировании режимов течения газа по УТ.

Математическая модель ННРТГ по УТ длиной L представляет собой квазилинейную систему дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа, полученную из общих уравнений газовой динамики для одномерного случая [1]:

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

где V , Φ – матрицы, элементы которых заданные непрерывные и 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 $G = \{(x, t) : 0 \leq x \leq L, 0 \leq t \leq T_k\}$ решение уравнения (1), $W(x, t)$ – удельный массовый расход, $P(x, t)$ – давление, $T(x, t)$ – температура газа. При этом математическая модель дополняется заданными начальным распределением пара-

метров газового потока (удельным массовым расходом, давлением, температурой) и граничными условиями 1-го и 2-го типа соответственно, т.е. на границах участка заданы давление либо расход газа, как функции времени, кроме того задана температура поступающего на участок газа.

Для нахождения решения системы (1), дополненной начальными и граничными условиями, используется метод характеристик, суть которого заключается в уменьшении числа независимых переменных путем введения характеристических поверхностей.

Из уравнений направлений характеристик

$$dt = \bar{\lambda}_i(x, t, \phi) dx, \quad i = 1, 2, 3,$$

получаем три семейства характеристик и на каждом из этих семейств имеем свое дифференциальное соотношение. [2]

Для численного решения полученных дифференциальных уравнений характеристик применяется модифицированный метод Массо.

Предлагается алгоритм для расчета параметров газового потока по УТ, учитывающий не только начальное распределение, но и заданные граничные условия. Для этого строится сетка, 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, если $k+1$ - нечетный временной слой, и параметры с предыдущего слоя и заданные граничные условия, если $k+1$ - четный временной слой.

Для решения поставленной задачи был создан программный продукт в математическом пакете Mathematica 10.0., позволяющий рассчитывать параметры газового потока по УТ на каждом временном слое, которые зависят от начального распределения и заданных граничных условий.

В итоге проведенных исследований, можно сделать вывод, что для расчета ННРТГ по УТ при известном начальном распределении и граничных условиях, результаты ряда проведенных численных экспериментов показывают хорошие показатели по точности найденных параметров газового потока и по времени расчета этих параметров в случае правильного выбора дискретности по пространственной переменной.

Список литературы

1. Гусарова И.Г., Боярская Ю.В. Классы задач моделирования и численного анализа нестационарных режимов работы газотранспортной системы // Восточно-Европейский журнал. - 3/6(45) 2010. - С.26-32.

2. Гусарова И.Г., Коротенко А.Н. Результаты численного моделирования режимов течения газа по участку трубопровода методом характеристик // Системи Обробки Інформації: збірник наукових праць. - 2016. - Вип. 4(141) - С.24-28.