

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА ПО УЧАСТКУ НЕГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Для газотранспортных компаний Украины остается актуальной проблема доставки газа потребителю без потерь.

Решение этой проблемы скрыто в оперативном управлении транспортом газа, которое невозможно без полной автоматизации технологических процессов. А полная автоматизация невозможна без предварительного создания математических моделей и методов, которые учитывали бы все особенности режимов течения газа.

В работе предлагается математическая модель и численный метод, позволяющие проводить моделирование нестационарных процессов течения газа в трубопроводе с учетом рельефа трассы (глубины заложения трубопровода). На их основе можно проводить управление в нештатных ситуациях и аварийных ситуациях, происходящих в газотранспортной системе, и которые позволяют вести расчет параметров газового потока с необходимой точностью и необходимым быстродействием.

В аварийных и нештатных ситуациях режимы течения газа являются нестационарными и неизотермическими.

Нестационарный неизотермический режим транспорта газа (ННРТГ) по участку трубопровода (УТ), представляющему собой цилиндрическую трубу постоянного диаметра, описывается квазилинейной системой дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа, полученной из общих уравнений газовой динамики для одномерного случая. Эта система уравнений при определенных допущениях приводится к следующему виду [1]:

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

$$\text{где } B = \begin{bmatrix} 2\alpha ST \frac{W}{P} & 1 - \alpha TS \frac{W^2}{P^2} & 0 \\ \alpha TS & 0 & 0 \\ \alpha S(\gamma - 1) \frac{T^2}{P} & 0 & \alpha \gamma TS \frac{W}{P} \end{bmatrix},$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} -\beta TS \frac{W|W|}{P} - \frac{g}{\alpha S} \frac{P}{T} \frac{dh}{dx} \\ 0 \\ -\frac{4K}{D} (\gamma - 1) \frac{T}{P} (T - T_{гр}) - g(\gamma - 1) \frac{TW}{P} \frac{dh}{dx} \end{bmatrix},$$

$\varphi = (W(x, t), P(x, t), T(x, t))$ – некоторое непрерывно дифференцируемое в области $G = \{(x, t) : 0 \leq x \leq L, 0 \leq t \leq T_k\}$ решение системы уравнений (1), $W(x, t)$, $T(x, t)$, $P(x, t)$ – удельный массовый расход, температура, давление газа, $h(x)$ – глубина залегания трубы. В уравнении движения (первом уравнении системы (1)) учитывается скатывающая составляющая сил тяжести, а в уравнении энергии (третье уравнение системы (1)) – мощность сил тяжести, обусловленные тем, что трубопровод является не горизонтальным. Дополняем эту систему начальными и граничными условиями.

В качестве метода решения системы (1) выбирается метод конечных разностей с использованием неявной конечно-разностной схемы с четырехточечным шаблоном, имеющим первый порядок по временной переменной и второй по пространственной переменной, а полученной нелинейной системы – метод Ньютона.

Для решения поставленной задачи расчета ННРТГ для УТ был создан программный продукт, написанный в математическом пакете Mathematica 8.0., позволяющий рассчитывать параметры газового потока по УТ на каждом временном слое и в каждой точке разбиения. Проводился ряд численных экспериментов, исследующих влияние рельефа трассы на параметры газового потока (удельный массовый расход, давление и температуру). Результаты ряда проведенных численных экспериментов показывают, что для получения хороших показателей по точности найденных параметров газового потока обязательно необходимо учитывать рельеф трассы, даже при малых углах наклона УТ относительно горизонта. А применение новых ИТ-технологий не приводит к существенным затратам времени и ресурсов, а позволяют повысить точность расчетов ННРТГ и обоснованность принятия решений в аварийных ситуациях.

Список литературы

1. Каминская А.В., Гусарова И.Г. Численный анализ режимов работы газораспределительных сетей высокого давления // Радиоэлектроника и информатика. – 2011. – №3(54). – С.50–54.