

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТА ГАЗА ПРИ РАЗРЫВЕ ТРУБОПРОВОДА

Мисяк Р. А.

Научный руководитель: проф., к.т.н. Гусарова И. Г.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ПМ),
E-mail: roman.misyak@mail.ru

Thus, we considered the problem associated with the rupture of the pipeline, formulated a mathematical model of NN modes on the section of gas transport, defined a boundary-value problem corresponding to the situation of the pipeline rupture. A method for solving the boundary-value problem is given, the results make it possible to estimate both the modes of gas transport through the pipeline before the rupture and the emptying time of the pipeline.

Каждый день, непрерывно, трубопроводы снабжают наши дома и предприятия страны газом, но не существует системы, которая бы работала безотказно на протяжении долгого времени. Так и в трубопроводных системах случаются поломки и аварии, на устранение которых требуется немало времени. На это время без газа будут оставлены дома и предприятия, которые подключены к участку трубопровода(УТ), на котором случилась нештатная ситуация. Для минимизации затрат времени и энергоресурсов на устранение таких ситуаций необходимо уметь их моделировать, в частности, уметь моделировать ситуации, связанные с разрывом УТ.

Режимы транспорта газа в аварийных ситуациях, связанных с разрывом УТ, являются нестационарными неизотермическими (НН). Математической моделью НН режимов транспорта газа (РТГ) является система квазилинейных уравнений в частных производных гиперболического типа [1]

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

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \alpha \gamma TS \frac{W}{P} \frac{\partial T}{\partial x} + (\gamma - 1) \alpha \frac{T^2}{P} S \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{4R}{D} (\gamma - 1) \frac{T}{P} (T - T_{sp}) + n(\gamma - 1) \frac{TW}{P} \frac{\partial h}{\partial x} = 0,$$

где $W(x, t), P(x, t), T(x, t)$ - удельный массовый расход, давление и температура газа, t – временная координата, x – пространственная координата.

Считаем, не нарушая общности, что известно время разрыва трубопровода $t_{\text{раз}}$, что разрыв произошел в конце трубы, кроме того на входе УТ заданы граничные условия(ГУ) первого и третьего типа, т.е. задано давление как функция времени и задана температура поступающего в узел газа: $P_{y_3}^1(t) = P_0(t)$, $T_{y_3}^1(t) = T_0(t)$, где $P_{y_3}^1(t), T_{y_3}^1(t)$ – давление и температура на входе участка, $P_0(t), T_0(t)$ – заданные функции.

На выходе УТ, до момента времени $t_{\text{раз}}$, заданы ГУ второго типа, т.е. задан расход как функция времени. После разрыва трубопровода в месте разрыва устанавливается критический режим истечения. Считаем, что в следующий момент времени в начале УТ закрывается отсекающая задвижка. Это соответствует тому, что ГУ в начале участка становятся ГУ второго типа: $G_v^1(t) = 0$. На конце УТ в момент времени $t_{\text{раз}}$ ГУ изменяются и становятся ГУ четвертого типа: $W - \frac{P}{\sqrt{zgRT}} = 0$ пока $P \geq P_a$, где P_a атмосферное давление. Но как только становится $P = P_a$ то ГУ, становятся ГУ I-го типа, а именно $P = P_a$.

В качестве начального распределения берется стационарное распределение. В качестве метода решения краевой задачи выбираем метод конечных разностей с неявной конечно разностной схемой, имеющей первый порядок по временной переменной и второй по пространственной переменной. Полученная в результате дискретизации система уравнений решается методом Ньютона.[1]

Указанный выше метод был реализован на ЭВМ. Программа была реализована с помощью среды разработки приложений для Windows OS, Visual C#. Я выбрал язык программирования C# потому что: C# имеет все возможности более сложных языков программирования, также имеет низкие требования для системы, а так же полученная в результате программа имеет понятный, доступный и эргономический интерфейс, легко поддается обработке и изменениям.

Был рассмотрен ряд задач, связанных с разрывом УТ, кроме параметров газового потока в аварийной ситуации было получено время полного опорожнения трубопровода.

Таким образом, была рассмотрена задача, связанная с разрывом УТ, сформулирована математическая модель НН РТГ на УТ, сформулирована краевая задача, соответствующая ситуации разрыва трубопровода. Приведен метод решения поставленной краевой задачи, результаты позволяют рассчитать как режимы транспорта газа по участку трубопровода, так и время опорожнения трубопровода.

Список источников:

1. Тевяшев А.Д., Гусарова И.Г., Каминская А.В., Боярская Ю.В. Моделирование нестационарных неизотермических режимов транспорта и распределения природного газа в газотранспортной системе// Трубопроводные системы энергетики: математическое моделирование и оптимизация/Н.Н.Новицкий, М.Г.Сухарев, А.Д.,Тевяшев и др.-Новосибирск: Наука, 2010-419с.