

УДК 622.691.4

Транспорт и хранение нефти и газа

В. ШАХТ

Московский институт нефтехимической и газовой промышленности
им. акад. И. М. Губкина

РАСЧЕТ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОДУВКЕ ГАЗОПРОВОДОВ

Вопрос о длине и объеме газоздушной смеси, образующейся при продувке газопроводов, рассматривается в работах [1, 2]. Расчеты в этих работах проводились в предположении, что скорость газа остается постоянной по длине трубопровода. Указанное условие, однако, не выполняется для начального периода продувки, так как давление и расход газа резко меняются как по длине, так и во времени.

В данной статье приведен метод вычисления объема газоздушной смеси, образующейся при продувке газопровода, а также времени полного вытеснения смеси с учетом нестационарности этого процесса.

Исходная система дифференциальных уравнений, описывающих турбулентное перемешивание одного газа в потоке другого при неустановившемся движении, имеет вид

$$\frac{\partial K_{II}}{\partial t} + \omega(t) \frac{\partial K_{II}}{\partial x} = D_T \frac{\omega(t)}{\omega} \frac{\partial^2 K_{II}}{\partial x^2}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{c^2}{2a} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}, \quad (2)$$

где K_{II} — концентрация газа II в смеси; t — время; $\omega(t)$ — переменная во времени скорость движения середины зоны смеси; x — продольная координата; D_T — коэффициент турбулентной диффузии, вычисленный для средней скорости ω движения потока в трубопроводе; c — скорость звука; $2a = \lambda \bar{\omega} / 2d$ — коэффициент линеаризации, который принимается постоянным для данной конкретной задачи; λ — коэффициент гидравлического сопротивления; d — диаметр трубопровода; p — давление газа.

Общее решение дифференциального уравнения (1) получается путем перехода к системе координат, движущейся с серединой зоны смеси $\omega(t)$. Это решение имеет вид [3, 4]

$$K_{II} = \frac{1}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \frac{x - \int_0^t \omega(t^*) dt^*}{2 \sqrt{D_T \frac{1}{\omega} \int_0^t \omega(t^*) dt^*}} \right] \quad (3)$$

Подставляя в уравнение (3) $x = l$, найдем интересующий нас закон изменения концентрации в конце трубопровода