

## Дистанционное определение места утечки горячей и холодной воды

Якубовский Е.Г.

e-mail [yakubovski@rambler.ru](mailto:yakubovski@rambler.ru)

Определяется место утечки по изменению температуры на конце трубопровода. Если утечка произошла вблизи от насоса, где температура жидкости велика, то изменение температуры на конце трубопровода будет велико. Если утечка произошла в дали от насоса, где температура мала, наблюдается малое изменение температуры. Зная температуру утечки, можно определить и расстояние, на котором она произошла. В случае холодной воды роль температуры играет переменной скоростью потока, зависящая от продольной координаты трубопровода.

Допустим, потеря расхода жидкости  $\frac{dV}{dt} = \pi d^2 V_d$  при превышении температуры вытекшей жидкости над внешней средой  $T - T_0$ . Тогда при расходе без утечки  $\pi D^2 V_D / 4$ , где величина  $D$  это диаметр трубопровода,  $V$  скорость течения в трубопроводе и понижение температуры над температурой без утечки  $T_1$ . Тогда имеем равенство

$$\frac{dV}{dt}(T - T_0) = \pi[D^2 V_D / 4 - \frac{dV}{dt}](T_1 - T_2)$$

Из этого равенства определяем температуру вытекшей жидкости. По графику распределения температуры в зависимости от координаты трубопровода определим координаты утечки. Разность температур  $T_1 - T_2$  определяется из этого равенства и имеет порядок нескольких единиц градуса, при разности температур  $T - T_0 \sim 60^\circ K$ . Температуры жидкости  $T_1, T_2$ , которая оценивается по температуре трубы.

Но этот алгоритм применим для одной ветви воды, в случае разветвления на разные участки, температуру вытекшей жидкости можно определить. Определение координаты утечки не однозначно, существует несколько участков с такой температурой.

Получаем значение температуры, удовлетворяющие стационарному уравнению

$$G \cdot c \frac{dT}{dz} = -\pi \cdot k \cdot (T - T_1)$$

Откуда имеем  $T(x, G) = T_b - (T_b - T_1) \frac{1 - \exp[-\pi k z / Gc]}{1 - \exp[-\pi k L / Gc]}$ , где величина  $T_b$  температура в начале трубопровода,  $T(x, G)$  стационарная температура нефти, зависящая от расхода  $G$ . Величина  $T_1$  это температура в конце трубопровода. Величина  $k$  - коэффициент теплопередачи, величина  $c$  это теплоемкость жидкости в потоке.

В случае холодной воды имеется переменная скорость потока из-за наличия разветвлений. Уравнение запишется в виде

$$\frac{dV}{dt} U(z) = \pi d^2 U(L) [U(L) - V_1] / 4.$$

Где  $U(z)$  скорость потока в месте утечки,  $U(L)$  скорость потока в конце трубопровода,  $V_1$  скорость потока в конце трубопровода без наличия утечки. Скорость  $V_1$  и температуру  $T_1$  надо определять по скорости и температуре в начале трубопровода, измерив ее один раз без утечки, далее наблюдается линейная зависимость скорости  $V_1$  и температуры  $T_1$  от скорости и температуры в начале трубопровода, причем это можно делать и в случае утечки, т.е. учитывается переменный расход воды в разное время суток. Так как в большом городе юстировать множество линий проблематично, данный алгоритм применен для одной трубы с жидкостью или газом.

