

УДК 621.3

А. Н. Литвяк канд. техн. наук, доцент, НУГЗУ
В. А. Дуреев, канд. техн. наук, ст. преподаватель НУГЗУ

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ТРУБАХ С ПОТЕРЯМИ

(представлено д-ром техн. наук)

Исследовано влияние скорости течения газа в трубопроводах установок газового пожаротушения на диаметр трубопроводов распределительной сети.

Ключевые слова: газовая динамика, газодинамические функции, распределительная сеть, газовый огнетушащий состав, установки газового пожаротушения.

Постановка проблемы. При проведении гидравлических расчетов автоматических установок газового пожаротушения (АУГП), параметры газовых распределительных сетей (РС) выбирают согласно рекомендаций нормативных документов [1]. Однако приводимые рекомендации не раскрывают физический смысл и характер течения газа в магистралях. Что не только затрудняет выполнение расчетов, но и может привести к неправильному выбору диаметров газовых магистралей РС. Для повышения точности выполняемых гидравлических расчетов необходимо составить физическую модель течения газа в трубопроводах.

Анализ последних исследований и публикаций. Течение газа при срабатывании АУГП можно условно разбить на два этапа: течение в газовых магистралях (трубах) и истечение газа из выпускных насадков. Выпуск газа из распылителей соответствует истечению газа в коротких соплах. В учебниках по термодинамике вопросы течения газа в коротких соплах рассмотрены достаточно хорошо [2]. А при расчетах течения газа в трубах, как правило, пренебрегают явлением сжимаемости газа [2,3], что сокращает диапазон рассматриваемых скоростей течения газа числом Маха $M=0,2...0,3$ и приводит к неоправданно завышенному выбору площади проходного сечения. Повышение скорости течения газа выше чисел $M=0,5$ требует учета явлений сжимаемости.

Постановка задачи и ее решение. Для выбора оптимальной скорости течения газа в трубах с трением необходимо выполнять расчеты с учетом явлений сжимаемости газа. При расчетах течения с учетом сжимаемости используют приведенную скорость λ [2].

$$\lambda = \frac{c}{c_{\text{сд}}}$$

Где: c – абсолютная скорость течения газа;

$$\tilde{n}_{\text{сд}} = \sqrt{\frac{2k}{k+1} RT^*} - \text{критическая скорость течения газа.}$$

k – показатель адиабаты;

R – газовая постоянная;

T^* – полная температура.

Суммарные потери потока сжимаемого газа можно учесть как потери полного давления:

$$\delta = \frac{\delta^*}{\delta_{\text{сд}}^*} = \frac{\pi\left(\frac{\lambda}{\psi}; k\right)}{\pi(\lambda; k)}.$$

где: p^* – полное давление газа;

$\delta_{\text{сд}}^*$ – полное давление идеального газа (без учета потерь);

$\pi(\lambda, k) = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2\right)^{\frac{k}{k-1}}$ – газодинамическая функция;

$\psi = \frac{\tilde{n}}{\tilde{n}_{\text{сд}}}$ – коэффициент скорости;

$c_{\text{ид}}$ – идеальная (без потерь) скорость течения газа.

Будем полагать, что коэффициент скорости ψ для заданного участка трубопровода зависит только от конструктивных особенностей трубопровода и не зависит от режима течения [3].

Расход газа в сечении трубы можно определить по формуле Христиановича [2]:

$$G = m \cdot \frac{\delta \cdot p^*}{\sqrt{T^*}} \cdot F \cdot q(\lambda).$$

где: $q(\lambda)$ – приведенный расход газа:

$$q(\lambda, k) = \lambda \left(\frac{k+1}{2} \cdot \tau(\lambda, k) \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

$\tau(\lambda, k) = 1 - \frac{\hat{e}-1}{\hat{e}+1} \lambda^2$ – газодинамическая функция.

Для известного расхода и параметров газа можно определить площадь проходного сечения трубопровода:

$$F = \frac{G \cdot \sqrt{T^*}}{m \cdot \delta \cdot p^* \cdot q(\lambda, k)}.$$

Известно, что скорость газа в цилиндрической трубе не может превышать критического значения ($\lambda_{\text{кр}}=1$) [2], следовательно, изменяя значение λ от 0 до 1, получим требуемое значение площади (диаметра)

трубопровода во всем диапазоне скоростей, включая скорости, где проявляются явления сжимаемости (большие дозвуковые скорости).

Результаты выполненных исследований для $\psi=0.6$ $p^*=12,5$ мПа, $T^*=288$ К, $G=7,27$ кг/с представлены на рис.1.

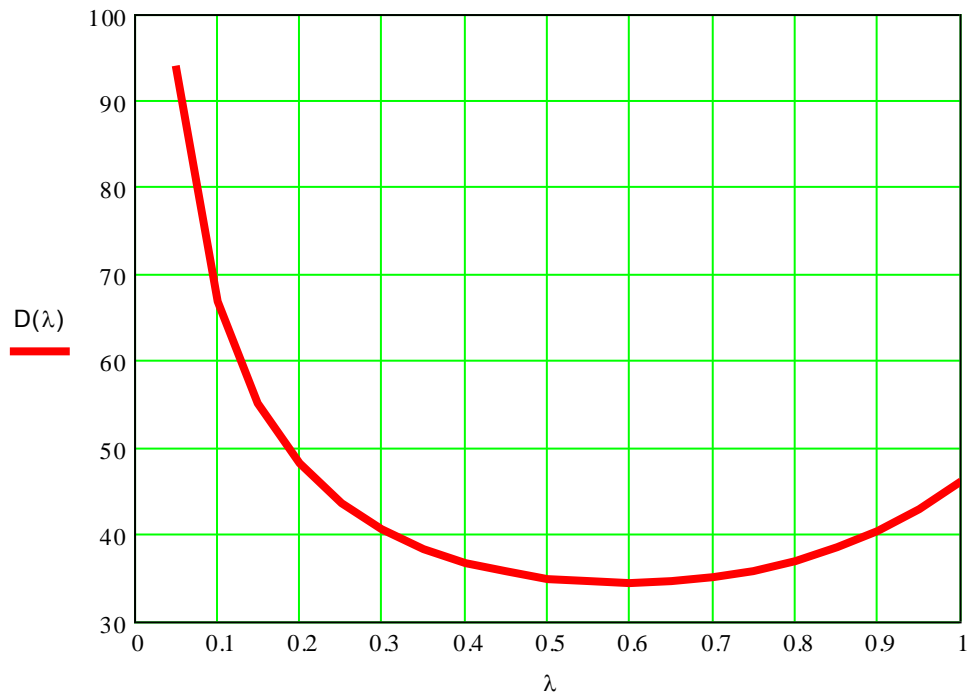


Рисунок 1 – Зависимость требуемого диаметра трубопровода от приведенной скорости газового потока

Выводы. При течении газа в трубопроводе с трением, явления сжимаемости могут проявляться на скоростях существенно ниже критических. Видно, что график $D(\lambda)$ имеет явно выраженный оптимум в области $\lambda = 0,6$. При больших скоростях течения газа увеличиваются потери полного давления, что приводит к необходимости увеличения площади проходного сечения трубопровода.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5–13–98* Пожарная автоматика зданий и сооружений/ Госстрой Украины.– Киев: 2007.– 80 с.
2. Абрамович Г.Н., Прикладная газовая динамика ч.1. М.: Наука, 1991 с.600.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М., 1987