

ОЦЕНКА ПРОВОДИМОСТИ ВАКУУМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В ВЯЗКОСТНОМ РЕЖИМЕ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА

БНТУ, г. Минск

Научный руководитель: Иванов И.А.

Учет потерь в цилиндрических трубопроводах является одной из самых важных задач, встречающихся при расчете вакуумных систем. Правильный учет сопротивления движению газа позволит избежать ошибок в выборе производительности средств откачки, так и размеров трубопроводов и арматуры.

Цель статьи – изучение теоретических и экспериментальных подходов к изучению течения разряженных газов по трубопроводам в вязкостном режиме.

Как известно, течение разряженных газов может протекать в одном из двух режимов.

При высоком вакууме в молекулярном режиме течения газа длина свободного пути молекул газа больше диаметра трубы, молекулы движутся независимо друг от друга, соударяясь лишь со стенками трубопровода. В области низкого вакуума при вязкостном режиме течения газа средняя длина свободного пути молекул газа значительно меньше диаметра трубопровода. Скорость течения слоя газа у поверхности трубопровода практически равна нулю, а остальные слои движутся в условиях стационарного потока с постоянной скоростью [1].

Для нахождения проводимости длинного трубопровода в вязкостном режиме течения разряженного газа с малой скоростью используется уравнение Пуазейля:

$$U = \frac{\pi R^4}{8\eta l} p \quad (1)$$

где R – радиус трубы, l – длина трубопровода, динамическая вязкость газа, $p = (p_2 + p_1)/2$ – среднее давление, p_1 – давление на входе и выходе трубопровода. Для воздуха при $T=293\text{K}$ и

$$\Psi = 1,82 \cdot 10^5$$

$$U = 182 \frac{d^4(p_1 + p_2)}{2l}$$

Для проводимости короткого трубопровода (при относительных длинах трубопроводов $l/d < 20$, где d – диаметр трубопровода) используется уравнение Лангхара:

$$U = \frac{\pi R^4 p}{128 \Psi l [1 + 4,54 \cdot 10^{-2}] \frac{Q}{\Psi R_g T l}} \quad (2)$$

где Q – поток газа, R_g – газовая постоянная, T – температура газа.

Для проверки точности расчета по формулам 1 и 2 используют экспериментальный стенд для определения проводимости цилиндрических трубопроводов, разработанный Казанским технологическим университетом [2].

Стенд состоит из измерительной камеры, системы откачки и комплекта приборов для измерения давления и расхода газа. Измерения показывают значительное расхождение эксперименте с теорией при больших значениях среднего давления в трубопроводе.

Когда проводимости отдельных элементов трубопровода найдены задают их конструктивные размеры. При определении размеров трубопровода его длиной задаются исходя из условия размещения элементов вакуумной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника / Л.Н. Розанов. – М: Машиностроение, 2007.
2. Райков, А.А. Проводимость цилиндрических трубопроводов в вязкостном режиме течения / А.А. Райков // ВТ и Т. – Т. 19. – № 4. – 2009. – С. 233-238.