

УДК.621.52

В.А. Павлова (асп. каф. ИМТ)

## РАСЧЕТ ПРОВОДИМОСТИ КАПИЛЛЯРА

Определение проводимости элементов вакуумных систем представляет одну из наиболее важных проблем вакуумной техники. Расчёты, выполняемые в соответствии с классическими положениями молекулярно-кинетической теории, с помощью методов угловых коэффициентов, статистических испытаний и др, дают удовлетворительные результаты в том случае, когда точно известны не только геометрические характеристики проводящего объекта, но и режим течения газа по нему. Случается, что режим течения газа изменяется при прохождении газа, а это ведет к изменению проводимости и появлению иных зависимостей при ее определении.

Использование капилляра (узкого длинного трубопровода) встречаются в вакуумной технике достаточно часто, например, при подаче в вакуумные системы технологических реагентов, разделении газовых смесей, в работах по некоторым современным технологиям. При этом перепад давления обычно бывает очень существенным, что приводит к тому, что существует несколько режимов течения газа. Поэтому стоит задача по выявлению границ перехода между режимами, что позволит наиболее точно определить проводимость капилляра.

При расчете проводимости капилляра  $U$  будем использовать итерационный метод. При этом будем определять длины участков, на которых действует тот или иной режим течения, и поток, который так же является неизвестной величиной на начальном этапе расчета.

Для предварительного определения проводимости указанного капилляра принимаем, что режим течения газа по всей длине постоянен. С учетом перепада давления принимаем, что действует молекулярно – вязкостный режим течения (МВРТ). Для определения проводимости  $U = U_{ме}$  в этом случае воспользуемся известной формулой для трубопровода круглого сечения [1]:

$$U_{ме} = U_е + 0.9 \cdot U_м \quad (1)$$

$$U_м = 121 \frac{d^3}{l} \quad (2)$$

$$U_е = 1,36 \cdot 10^3 \frac{d^4}{l} \left( \frac{p_1 + p_2}{2} \right) \quad (3)$$

где  $U_м$  – проводимость при молекулярном режиме течения (МРТ),  $U_е$  – проводимость при вязкостном режиме течения (ВРТ).

Для определения давлений, при которых происходит смена режима течения газа, используем число Кнудсена  $Kn$ . При  $Kn \leq 0.005$  имеем вязкостный режим течения, а при  $Kn > 1.5$  – молекулярный.

По известным значениям потока и давлений при смене режимов определим длины участков через проводимость, т.к. перепад давлений  $p$  является известной и постоянной величиной для данного капилляра:

Для каждого из участков капилляра рассчитаем проводимость по соответствующей формуле (см. выше). Таким образом, проводимость капилляра будет рассчитываться как проводимость трех соединенных последовательно капилляров, на которых существуют разные режимы течения. Проводимость участка с МРТ вычисляется по формуле (2), на участке МВРТ – по формуле (1), а на участке с ВРТ – по формуле (3). Общая проводимость капилляра  $U$  будет вычисляться как

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_м} + \frac{1}{U_{ме}} + \frac{1}{U_е}}$$

Вполне удовлетворительное решение данного вопроса дает метод на основе пошаговых приближений (итераций) вычислений и потока и проводимости капилляра в целом. Данный метод, имеющий хороший теоретический и математический аппарат, дает достоверные результаты.

При проведении расчета проводимости капилляра методом пошаговых приближений с учетом смен режима и расчете по формуле (3) было установлено, что расхождения между результатами составляют около 50 %.

Дальнейшие исследования проводимости капилляра и методов ее расчета являются вполне актуальной научной проблемой. Данная работа содержит один из возможных путей подхода к решению данного вопроса.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Розанов Л.Н. Вакуумная техника, М.: Высшая школа, 1990.