

**ОБРАЗОВАНИЕ СЛЕДОВ ДАВЛЕНИЯ И ЗОН РАЗРЕЖЕНИЯ В ЗАЗОРЕ**

Cherepanov A.P.

**FORMATION OF PRESSURE TRACES AND VACUUM ZONES IN THE GAP**

**Аннотация.** Рассмотрено распределение потока в зазоре при подаче сжатого воздуха под давлением в зазор между близко расположенными пластинами с образованием кольцевых следов давления и зон разрежения в этом зазоре. Цель работы – определение практической применимости и полезности систем сопло–зазор–пластина в энергетике, химической технологии и других отраслях промышленности.

**Ключевые слова:** безотрывное течение, зоны разрежения, зоны давления, волновой коэффициент, зазор, размеры кольцевых зон, сопло, скачок уплотнения, стоячие волны.

**Abstract.** The distribution of the flow in the gap is considered when compressed air is supplied under pressure into the gap between closely spaced plates with the formation of annular pressure traces and vacuum zones in this gap. The purpose of the work is to determine the practical applicability and usefulness of nozzle–gap–plate systems in energy, chemical technology and other industries.

**Keywords:** annular zone sizes, continuous flow, gap, nozzle, pressure zones, rarefaction zones, seal surge, standing waves, the wave coefficient.

Распределение потока при подаче сжатого воздуха под давлением  $P$  через сопло 3 в зазор между пластиной 1 и основанием 2 изобразим на рисунке. Кольцевые следы давления и кольцевые зоны разрежения в зазоре между пластиной 1 и основанием 2 образуются сверхзвуковой струей, вытекающей из сопла 3 [1, 2]. Взвешенные в сжатом воздухе микрочастицы, движущиеся в ядре струи, обладая высокой кинетической энергией, стремятся продолжить движение прямо и сохранить свою форму, но ударяясь о пластину 1, поворачиваются

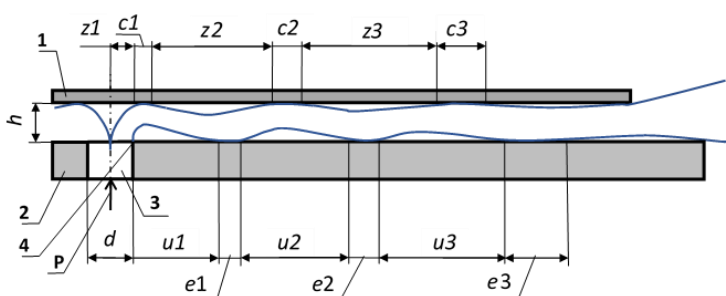


Рис. Схема распределения потока в зазоре

вместе с потоком на  $90^\circ$ . Напротив сопла 3 при взаимодействии струи с пластиной образуется конус разрежения  $z1$ . За конусом разрежения создается скачок уплотнения, который прижимает поток к пластине 1 и резко тормозится, образуя на пластине 1 кольцевой след  $c1$ . Срыв с

кромки 4 и разворот к основанию 2 вызывает сжатие струи в поперечном сечении и увеличение ее скорости, которое согласно закону Бернулли вызывает разрежение в кольцевой зоне  $u1$  и дополнительно снижает давление в центральном конусе  $z1$ . Разрежение кольцевой зоны  $u1$ , преодолевая давление кольцевого следа  $c1$ , вызывает отрыв струи от пластины 1, образуя со стороны пластины кольцевую зону разрежения  $z2$ , поворачивает поток к основанию 2 и создает кольцевой след  $e1$ , за которым образуется кольцевая зона разрежения

$u_2$  с одновременным прижатием потока к пластине 1 в зоне кольцевого следа  $c_2$ . Далее траектория волнового движения в зазоре создает зону разрежения  $z_3$ , след  $c_3$ , зону разрежения  $u_3$ , след  $e_3$  и т.д., до выхода потока за пределы зазора. Таким образом вершины кольцевых следов  $c_1, c_2, c_3$  прижаты к пластине 1, вершины кольцевых следов  $e_1, e_2, e_3$  прижаты к основанию 2. Микрочастицы, следуя вдоль линий тока, подобно абразиву оставляют выработки в местах кольцевых следов  $c_1, c_2, c_3$  на пластине 1 и кольцевых следов  $e_1, e_2, e_3$  на основании 2. Растекание потока вдоль пластины 1 основания 2 приводит к ускорению в кольцевых зонах и торможению в скачках уплотнений и образуют веер волн разрежения с центром на оси сопла 3, формируя кольцевые зоны разрежения  $z_2, z_2, z_3$  со стороны пластины 1 и кольцевые зоны разрежения  $u_1, u_2, u_3$  со стороны основания 2. Результаты замеров кольцевых следов и зон разрежения со стороны пластины 1 и со стороны основания 2, приведены в табл.

Табл. 1. Результаты замеров кольцевых следов и зон разрежения

Положение зоны	Со стороны пластины						Со стороны основания					
	z1	c1	z2	c2	z3	c3	u1	e1	u2	e2	u3	e3
Средний радиус $R^{cp}$ , мм	0.0	3.5	7.0	10.5	14.5	17.0	4.0	7.0	10.5	14.5	17.0	20.0
Ширина зоны $b$ , мм	2.5	1.7	5.2	2.0	6.2	2.5	4.0	2.0	5.0	3.0	6.0	3.5

Таким образом, инерция сверхзвукового потока, не успевающего адаптироваться к изменению геометрии, создает скачки уплотнения с локальным повышением давления, а расширяющиеся веера – локальные разрежения. Чередование фаз торможения (сжатия) образует кольцевые следы давления, а чередование ускорения (разрежения) – кольцевые зоны разрежения (каверны) в местах касания, что приводит к формированию системы стоячих волн в зазоре между пластиной 1 и основанием 2. Несмотря на то, что давление в каждой точке потока колеблется, среднее значение давления остается постоянным, поэтому границы кольцевых зон и следов соответствуют пучностям стоячей волны. Вследствие потери энергии за счет сопротивления и трения четкость кольцевых следов снижается, их шаг и ширина увеличиваются по мере удаления от сопла 3, а далее они становятся практически незаметными [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черепанов А.П., Ляпустин П.К. Силовые характеристики потока при подаче его в радиально–щелевой зазор в поперечном направлении // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2021. № 1 (69). С. 58–67.
2. Патент № 2657301 Российская Федерация, G01P 3/20 (2006.01). Способ образования пульсаций газожидкостной смеси и устройство для его осуществления : № 2017126342: заявл. 21.07.2017 : опубл. 19.06.2018 / Черепанов А.П.: заявитель ФГБОУ ВО АНГТУ. – 6 с.: ил. – Текст : непосредственный.