

Р и с. 2. Влияние M на величину ΔT_x и ΔT_g на критических режимах: $P_1 = 30$ атм; $T_1 = 305$ К; $F_c = 0,1$; $\alpha_c = 0,5$

Библиографический список

Г. И зак с о н Г. С., К у д р я в ц е в В. М., М е р к у л о в А. П., Т о к а р е в Г. П. О критических режимах вихревой трубы // Изв. вузов. Сер. авиац. техника. 1979. № 3. С. 97-99.

УДК 697.947

В. В. Б о б р о в

ОБ ЭФФЕКТЕ СПОНТАННОЙ ИОНИЗАЦИИ ГАЗА
В ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ

(Сызранский филиал

Самарского политехнического института)

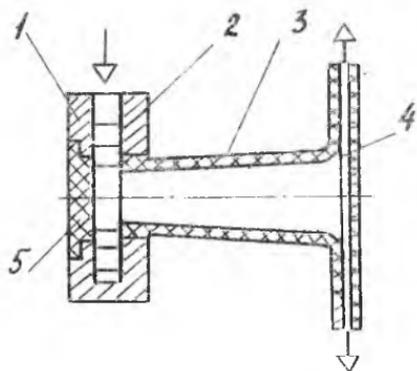
Приводятся геометрические и режимные параметры устройства, обеспечивающего ионизацию газа в закрученном потоке без приложения внешних электрических полей. Дается анализ причин реализуемого эффекта ионизации.

ISBN 5-230-16926-5

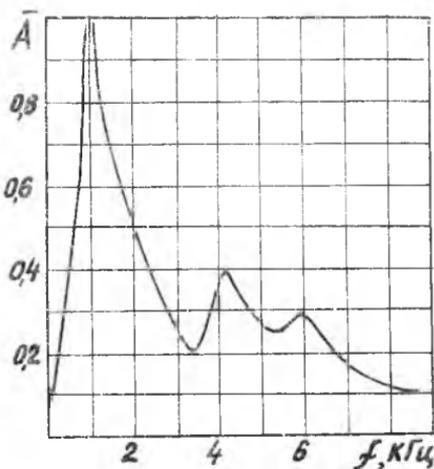
Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, 1992

8-200

При экспериментальном исследовании вихревых эжекторов с вихревыми камерами и диффузорами, выполненными из органического стекла, было обнаружено явление самопроизвольного возникновения светящегося шнура вдоль оси вихря. При этом между его противоположными концами отмечалось возникновение разности потенциалов до 6 кВ, а в потоке выходящего из диффузора воздуха - повышенная (до $0,0472 \text{ мг/м}^3$) концентрация озона. Эффект реализовался в устройстве (рис. 1) с внутренним диаметром соплового тангенциального ввода 42 мм ($f_c = 120 \text{ мм}^2$) при давлении питающего сжатого воздуха $0,23-0,35 \text{ МПа}$ и температуре $300-330 \text{ К}$ [1]. Антенным зондом, помещенным в ядро вихря, фиксировалось переменное электромагнитное поле, частотная характеристика которого представлена на рис. 2 (\bar{A} - относительная амплитуда, f - частота).



Р и с. 1. Схема устройства: 1 - корпус, 2 - сопло, 3 - вихревая камера, 4 - диффузор, 5 - заглушка



Р и с. 2. Частотная характеристика переменного электромагнитного поля

Представляет интерес раскрытие физической сущности явления, построение его физической и математической моделей, открывающих возможность оптимизации параметров устройства, применение которого возможно в нетрадиционных системах воспламенения, в химической технологии, использующей озон, в системах обработки питьевой воды и обеззараживания промышленных и бытовых стоков.

Построение достоверной модели явления требует детального теоретического и экспериментального исследования причин возникновения и

свойств светящегося шнура. Возникающая разность потенциалов на концах вихря – следствие ионизации воздуха в вихревой камере. Свечение же газа на оси вихря свидетельствует о процессе рекомбинации ионов. Следствием участия в этих процессах молекул кислорода воздуха является возникновение озона в потоке, выходящем из устройства.

Из существующего ряда причин, приводящих к ионизации газа, выделим наиболее существенные для рассматриваемого явления, исходя из результатов экспериментальных исследований: поверхностная ионизация, ионизация ударной волной, ионизация в электрическом поле, трибоэлектричество, ударная ионизация. Рассмотрим эти причины подробнее для выявления наиболее существенных, определяющих возникновение отмеченного эффекта.

1. Поверхностная ионизация – десорбция (испарение) положительных или отрицательных ионов с поверхности твердых тел. Это явление, характерное для металлических нагретых поверхностей, для диэлектриков, контактирующих с газом, значительного влияния на его ионизацию не оказывает.

2. Ионизация ударной волной – в ударных волнах большой интенсивности температура резко возрастает, энергия столкновения молекул становится столь значительной, что возникают условия для диссоциации (для кислорода при ~ 3000 К). Степень диссоциации можно определить аналитически, воспользовавшись полуэмпирическим уравнением и известными условиями в вихревой камере.

Степень равновесной диссоциации двухатомной модели кислорода определяется уравнением

$$\frac{\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{1}{\bar{\rho} e^{\bar{T}}},$$

где α – степень диссоциации; $\bar{\rho}$ – относительная плотность газа; \bar{T} – относительная температура.

Учитывая условия в вихревой камере – давление на оси вихря ($\rho = 10^{-4}$ МПа) и температуру ($T = 300$ К), получим расчетное значение степени диссоциации $\alpha = 9 \cdot 10^{-39}$ – следовательно, ионизация ударной волной пренебрежимо мала и не может быть основной причиной рассматриваемого явления.

3. Ионизация в электрическом поле – автоионизация атомов и молекул – отмечается в сильных электрических полях ($E \sim 10^7 - 10^8$ В/см). Принципиальная возможность достижения этих условий, сопро-

вождавшихся люминесценцией движущегося вдоль поверхности диэлектрика потока газа, была экспериментально доказана З.Лаваном и А.Фейером [2]. Однако минимальная скорость потока газа при этом характеризуется числом Маха $M = 2$, что недостижимо при указанных ранее условиях работы и существующей конструкции рассматриваемого нами устройства. Следовательно, автоионизация не может рассматриваться в качестве первопричины эффекта, реализуемого в вихревой диэлектрической камере.

4. Т р и б о э л е к т р и ч е с т в о - явление возникновения электрических зарядов при трении. В данном случае при трении двух диэлектриков (воздух-оргстекло) положительный заряд приобретает диэлектрик с большой диэлектрической проницаемостью - оргстекло.

Определим для рассматриваемых условий ток, который можно снять с внутренней поверхности вихревой камеры, проведя расчет как для электростатического генератора.

Поверхностная плотность зарядов на поверхности диэлектрика $\sigma_{max} = 3 \cdot 10^{-5}$ кл/м². Положив ширину ленты диэлектрика равной длине образующей вихревой камеры $\ell = 0,115$ м, а скорость движения газа равной скорости звука a , найдем максимально возможный ток:

$$I = \sigma_{max} \ell a = 3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,115 \cdot 344 = 0,0012 \text{ а/с.}$$

Полученная расчетом величина хорошо согласуется с экспериментальными данными.

5. Ударная ионизация - ионизация при столкновении атомов, ионов и электронов. Энергия, передаваемая при ударе, должна быть не менее порогового значения W . Возможна и ступенчатая ионизация, когда при столкновениях передается меньшая кинетическая энергия: сначала частицы переводятся в возбужденное состояние, после чего для их ионизации достаточно сообщить энергию, равную разности W и энергии возбуждения. Вероятность ступенчатой ионизации зависит от сечения ионизации, рода частиц и их кинетической энергии, поэтому, ввиду последнего названного обстоятельства, она характерна только для сверхзвуковых потоков газа.

Анализ возможных причин ионизации газового потока дает возможность полагать, что первопричиной процесса в данном случае является трибоэлектричество, благодаря которому при движении газа вдоль стенки, выполненной из диэлектрика, на поверхности создается положительный заряд, а газ заряжается отрицательно. Заряд, наве-

ленный вследствие этого на поверхности вихревой камеры, создает электрическое поле с напряженностью, достаточной для автоионизации молекул газа. При этом в закрученном потоке возникают ионы разных знаков. Понижение давления от стенки к оси вихревой камеры и сепарация групп ионов в присосевую область приводит к повышению их концентрации в ядре потока и возникновению шнура низкотемпературной плазмы, которая при рекомбинации ионов излучает фотоны видимой части спектра.

Проверка адекватности сказанного реальному процессу требует детальных дополнительных исследований в условиях выделения или экранирования отдельных эффектов для выявления их вклада в рассматриваемое явление.

Библиографический список

1. А.с. I468854 (СССР). Генератор озона /В.И.Метенин, В.В.Бобров, В.Б.Черепанов, В.Е.Самойлов. Спубл. 30.03.89. Бюл. № 2.

2. *Lavan Z., Fejz A. Luminescence in supersonic swirling flows // J. Fluid Mech. 1965. Vol. 23. part 1. pp. 173-183.*

УДК 532.527

Д.Н.Круглов

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИХРЕВЫХ ТРУБ
НА РАЗРЕЖЕННОМ ВОЗДУХЕ
ПРИ МАЛЫХ СТЕПЕНЯХ ПОНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ
(Московский государственный
технический университет)

Представлены результаты исследования вихревых труб на разреженном воздухе при малых степенях понижения давления. На эксперимен-

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, 1992