

Оценка эффективности процесса охлаждения с увлажнением холодного потока в зависимости от параметра \bar{L} может быть произведена по показателю влагохолодопроизводительности (рис.2,г)

$$N = q_{\text{х}} G_{\text{исп}},$$

где $q_{\text{х}}$ - холодопроизводительность,
 $G_{\text{исп}}$ - масса испаренной в холодном потоке влаги.

В ы в о д ы

1. Показана возможность использования ВТ в качестве увлажнителя-охладителя в диапазоне температур холодного потока 5...15°C.
2. Оптимальное расположение форсунки в схеме с осевой подачей влаги соответствует $\bar{L} = 11...13$.
3. Изменением положения точки распыла удается достичь регулирования φ в диапазоне порядка 40 % относительной влажности. Температура холодного потока при этом хотя и меняется незначительно, однако ее изменение на 2°C соизмеримо с изменением относительной влажности на 10 %.

Б и б л и о г р а ф и ч е с к и й с п и с о к

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.:Машиностроение, 1969. 183 с.
2. Курган А.А. Некоторые результаты экспериментального исследования вихревой трубы с испарительным охлаждением //Вихревой эффект и его промышленное применение /Куйбышев, авиац.ин-т. Куйбышев, 1981. С. 112-116.

УДК 533.697

Ю.В.Чижиков

ОБ ИСТЕЧЕНИИ ГАЗА ИЗ СОПЛА ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ

При расчете конфузорного сопла вихревой трубы исходят из предположения, что в одномерном адиабатном потоке истекающего из большого резервуара идеального газа при отношении давлений больше критического происходит запирание выходного сечения, и течение должно

происходить с постоянной звуковой скоростью, не зависящей от параметров газа в камере энергетического разделения. Расход газа в этом случае определяется как

$$G = \alpha \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1}} P F \sqrt{\frac{g}{RT}}$$

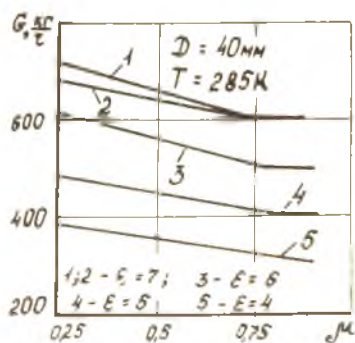
Расходный коэффициент $\alpha = 0,85 \dots 0,96$ учитывает все виды потерь: трение, пограничный слой, волновые, кромочные и т.д. В то же время известно, что в сопле вихревой трубы имеет место сложное до- и сверхзвуковое пространственное течение. Использование упрощенных зависимостей оправдано существенными трудностями построения действительной картины течения газа в сопле вихревой трубы.

В практических работах отмечена зависимость расхода газа через сопло от таких параметров, как давление, длина вихревой трубы, конструкция соплового ввода. Одновременно эти параметры влияют на температурную эффективность вихревой трубы. Особое значение имеет зависимость расхода сжатого газа от расхода охлажденного потока. Рассматривая эту зависимость (рис.1), можно увидеть, что при малых

μ расход сжатого газа соответствует расчетному расходу через конфузорное сопло при критическом перепаде давлений. Затем расход равномерно уменьшается, причем в камере, покрытой металлизированным фторопластом (кривая 1), расход растет быстрее, чем в алюминиевой камере. Сопловой ввод вихревой трубы улиточный прямоугольного сечения с отношением высоты к ширине в узком сечении 1:2.

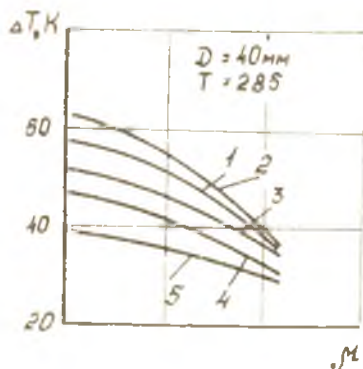
Необходимо отметить, что значительные сверхкритические расходы, наблюдавшиеся в эксперименте, явились результатом неправильной тарировки расходомерных шайб. Расходы воздуха при малых μ близки к критическим.

На рис.2 показаны температурные характеристики вихревой трубы в соответствии с расходными характеристиками рис.1. Увеличение μ связано с увеличением противодавления в камере энергетического разделения и ростом статического давления на стенке вихревой тру-

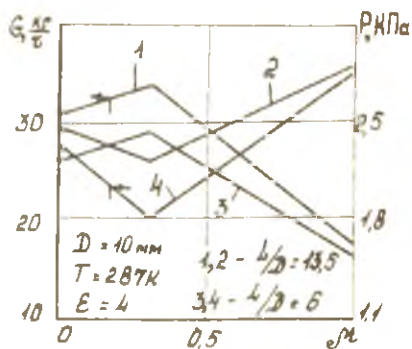


Р и с. 3. Зависимость расхода сжатого газа от доли холодного потока

бы. Зависимость между G_x и $P_{ст}$ можно видеть на графике, построенном по данным Линдерстрем-Ланга (рис.3). При прочих равных условиях статическое давление ниже, а расход сжатого воздуха больше в коротких вихревых трубах, что также можно объяснить меньшим противодействием и большей средней тангенциальной скоростью в камере.



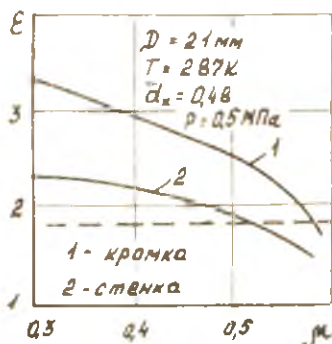
Р и с. 2. Температурные характеристики вихревой трубы



Р и с. 3. Зависимость расхода холодного газа и статического давления от доли холодного потока

Прямые измерения статического давления в критическом сечении сопла позволяют сделать вывод о росте противодействия в камере с увеличением μ . По данным В.И.Метенина (рис.4) монотонное увеличение давления в диапазоне $\mu = 0,2 \dots 0,5$ сменяется его резким

увеличением при $\mu > 0,6$. Необходимо отметить, что этот режим начинается одновременно с достижением в диафрагме вихревой трубы осредненного критического перепада давлений.



Р и с. 4. Зависимость степени расширения газа от доли холодного потока

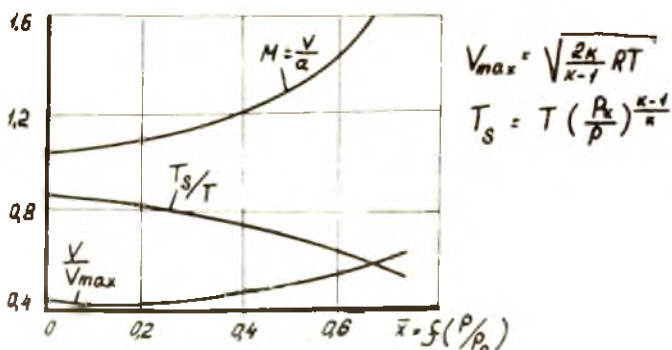
Характерным явлением для всех испытанных вихревых труб можно считать совпадение режима максимальной термодинамической эффективности и начало критического истечения из диафрагмы при оптимальных геометрических и режимных

параметрах вихревой трубы. Естественно, речь идет о гидравлическом сопротивлении вихревой камеры, которое при оптимальном f_c пропорционально величине μ/\bar{a}^2 .

Отмеченный эффект изменения расхода имеет значение для практики, поэтому в методику расчета вихревой трубы введен поправочный коэффициент, учитывающий влияние μ на расход сжатого газа в виде $K_p = 1,0 - 0,3\mu$. Физически объяснить этот эффект трудно из-за большой сложности процесса течения в криволинейном конфузорном канале, зависимости его не только от перечисленных параметров, но и технологии изготовления, используемых материалов, чистоты рабочего тела. Физическая модель обсуждалась с Ш.А. Пиралишвили, А.И. Азаровым, А.М. Дыскиным, А.И. Гуляевым.

Качественно процесс можно представить следующим образом. При больших перепадах давления на кромке сопла в зоне узкого сечения устанавливается критическая скорость. За выходной кромкой давление ниже критического, поэтому на ее срезе распространяется волна разрежения. Условия течения за выходной кромкой таковы, что статическое давление на спинке сопла ниже, чем на бесконечности. За срезом сопла поток перерасширяется, возникает система косых скачков уплотнения. Скорость вдоль линии тока в косом скачке с уменьшением давления за соплом может достигать значительных сверхзвуковых значений. Точка на поверхности сопла, на которой происходит переход от дозвуковых к сверхзвуковым скоростям при уменьшении статического давления смещается против потока, на срезе сопла устанавливается средняя скорость больше M .

Для количественного анализа может быть использована диаграмма



Р и с. 5. Диаграмма характеристик вихревой трубы в плоскости годографа

характеристик в плоскости годографа. По оценке А.И.Гуляева для установившегося плоского потенциального течения идеальной сжимаемой жидкости скорость в сопле может превышать 1,5 М (рис.5).

Таким образом, массовый расход газа через сопло зависит от давления в камере энергетического разделения, которое в свою очередь, определяется такими обобщенными параметрами как $\frac{F_2}{F_1}$ и $\frac{M_2}{M_1}$, характеризующими гидравлическое сопротивление в камере энергетического разделения, а также конструктивными особенностями вихревой трубы. В любом случае в адиабатной вихревой трубе необходимо стремиться к снижению гидравлического сопротивления.

Библиографический список

1. Метенин В.И. Исследование противочных вихревых труб//ИФЖ. Т.7. 1964. № 2, С.95-102.
2. Гуляев А.И. Исследование вихревого эффекта//ЖТФ. Т.10. 1965. № 35. С.1869-1881.

УДК 621.694

В.Е.Виликин

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ ПОЛЕЙ В САМОВАКУУМИРУЮЩЕЙСЯ ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ ПРИ НАЛИЧИИ В НЕЙ ОХЛАЖДАЕМОГО ТЕЛА

Основной задачей настоящего исследования явилось экспериментальное определение влияния охлаждаемого тела на радиальное распределение скорости в самовакуумирующейся вихревой трубе (СВТ) с целью получения критериального уравнения теплоотдачи и эмпирической зависимости для коэффициента потерь диффузора.

СВТ, работающая на динамическом напоре набегающего потока (НП) или от компрессора самолетного двигателя, через воздухозаборник (ВЗ) подается на вход в СВТ. Образовавшийся воздушный вихрь движется в осевом направлении вихревой трубы, создавая в ней интенсивный вихрь, в ядре которого охлаждается медный стержень, через который отводится тепло. Отработанный воздух через раскрutoчный