

на границе прямого и встречного потоков. Тангенциальные и осевые пульсации скорости возбуждаются периодическим частичным перекрытием отверстий соплового ввода или дополнительного потока. Возможен подвод акустической энергии от электродинамического преобразователя через указанные отверстия.

Получение экспериментальных зависимостей интенсивности энергообмена от формы колебаний, частоты и амплитуды пульсаций имеет принципиальное значение для понимания физической природы вихревого эффекта.

#### Библиографический список

1. Кныш Ю.А., Урывский А.Ф. Теория взаимодействия вторичных вихревых структур в закрученных потоках жидкости // ИВУЗ Авиационная техника. 1981. № 3. С.53-58.
2. Страхович К.И. Прикладная газодинамика. М.: ОНТИ, 1937.- 299 с.

УДК 621.438

А.П. Меркулов

#### ИМПУЛЬСНЫЙ ВИХРЕВОЙ САМОВОСПЛАМЕНТЕЛЬ

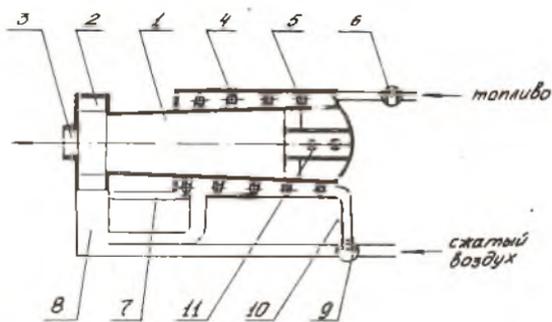
Использование вихревого эффекта энергетического разделения газов с целью повышения температуры газового потока не вызвало особого интереса исследователей. Горячий поток вихревой трубы часто рассматривался с точки зрения утилизации его энергии для повышения достижимого эффекта охлаждения и подогрева [1] при температуре сжатого воздуха близкой к температуре окружающей среды. Повышенная температура горячего потока и омываемой им стенки вихревой трубы использовалась [2] для эффективного отвода тепла в охлаждаемых вихревых трубах, работающих на режимах, близких к  $M = 1$  ( $M$  - массовая доля холодного потока).

Из практики исследования вихревого эффекта и основ его теории [2] установлено, что величина эффекта подогрева горячего потока, как и эффекта охлаждения холодного потока, прямо пропорциональна абсолютной начальной температуре поступающего в вихревую трубу сжа-

того газа. Это свойство было использовано [3] в разработанных термотрансформаторах, обеспечивающих самовоспламенение топливно-воздушной смеси при ее умеренной начальной температуре перед термотрансформатором порядка  $200^{\circ}\text{C}$ . Этот процесс не зависит от давления окружающей среды и может осуществляться как при повышенном давлении на выходе, так и в вакууме.

Обеспечение самовоспламенения без предварительного подогрева (до  $200^{\circ}\text{C}$ ) топливно-воздушной смеси различных топлив представляет значительный интерес как для авиационной техники (воспламенение в камерах сгорания и форсажных камерах ГТД), так и для розжига различных топочных устройств.

Эта цель может быть достигнута в импульсном вихревом самовоспламенителе, конструкция которого показана на рис. I.



Р и с. I. Импульсный вихревой самовоспламенитель:  
 1 - труба, 2 - сопло, 3 - патрубок, 4 - рубашка,  
 5 - трубка, 6 - кран, 7 - форсунка, 8 - полость,  
 9 - кран, 10 - патрубок, 11 - активатор-турбулизатор

Коническая труба с тангенциальными входными соплами и торцевой стенкой, снабженной осевым выходным патрубком, имеет рубашку, в полости которой размещена спиральная трубка подачи топлива из топливной магистрали через кран в форсунку, сообщенную с предсопловой входной полостью.

На входной магистрали сжатого воздуха установлен кран, через который сжатый воздух может подаваться или непосредственно во входную полость или через патрубок в полость рубашки, а затем во входную полость. На задней стенке конической трубы осесимметрично ус-

тановлен полый цилиндрический турбулизатор-активатор, опирающийся на коническую поверхность трубы рядом радиальных лопаток, имеющих перфорации и каталитическое покрытие.

Самовоспламенитель функционирует следующим образом. В нерабочем состоянии топливный и воздушный краны перекрыты. Перед процессом самовоспламенения кран устанавливается так, что сжатый воздух направляется непосредственно во входную полость, втекает через тангенциальные сопла в полость конической трубы, за счет вихревого эффекта периферийные слои интенсивно нагреваются и передают тепло в стенки, турбулизатор и наполненную топливом спиральную трубку, нагревая их. В требуемый момент запуска самовоспламенителя открывается кран 6, а кран 9 переключается так, что сжатый воздух начинает поступать в полость рубашки, нагревается в ней от горячих стенок и спиральной трубки и подается во входную полость. Нагретое в спиральной трубе топливо через форсунку распыливается во входной полости и смешивается со сжатым воздухом. Подогретая топливовоздушная смесь втекает через тангенциальные входные сопла в полость конической трубы и за счет вихревого эффекта еще более подогревается до температуры самовоспламенения. Каталитическое покрытие турбулизатора способствует надежному самовоспламенению топливовоздушной смеси. Раскаленные продукты сгорания вытекают через выходной патрубок, образуя требуемый для розжига камеры сгорания факел.

Повышенное давление продуктов сгорания в полости конической трубы обеспечивает критическую скорость истечения через выходной патрубок. Это обеспечивает "эффект запирания" и независимость работы самовоспламенителя от давления в зоне истечения за выходным патрубком. Он может работать и в глубоком вакууме.

Исследование [4] охлаждаемых вихревых труб позволило установить зависимость между температурой стенки вихревой трубы и температурой  $T_x$  вытекающего через выходной патрубок охлажденного потока. Эта зависимость в безразмерном виде может быть представлена [5] так:

$$\Theta_x = 0,32 \Theta_T + \frac{0,65}{\sqrt{2} \sqrt{\text{Pr} \cdot \text{Re}}}, \quad (1)$$

здесь

$$\Theta_x = \frac{T_x}{T_L}; \quad \Theta_T = \frac{T_C}{T_L},$$

$T_L, T_x, T_C, K$  - полные температуры сжатого газа перед соплом, охлажденного потока и стенки трубы соответственно.

Из выражения (I) можно определить температуру стенки трубы при отсутствии ее внешнего охлаждения, когда имеет место условие  $T_x = T_z$ , т.е.  $\Theta_r = 1$  - предварительный режим работы самовоспламенителя

$$\Theta_r = \frac{1}{0,32} \left( 1 - \frac{0,66}{\pi^{0,663}} \right), \quad (2)$$

здесь  $\pi = \frac{P_z}{P_x}$ ,  $P_z$  и  $P_x$  - полные давления перед соплами и за выходным патрубком соответственно.

При переходе на режим самовоспламенения относительная температура сжатого газа за счет подогрева в рубашке составит

$$T_z' = T_z \cdot \Theta_r. \quad (3)$$

В результате последующего вихревого эффекта максимально возможная температура потока в вихревой зоне возрастет до значения

$$T_r = T_z' \cdot \Theta_r = T_z \cdot \Theta_r^2 \quad (4)$$

На рис.2 представлены кривые зависимости температуры  $T_r$  от

$T_z'$  для различных значений степеней расширения  $\pi$  газа в самовоспламенителе. Зависимости показывают, что при начальной температуре сжатого воздуха от 400 К и выше температура горячего потока в вихревой зоне обеспечивает самовоспламенение газообразного и жидкого (керосин) топлива в вихревой зоне при  $\pi > 4$ .

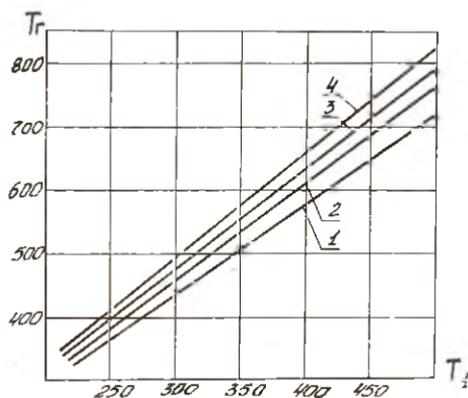


Рис. 2. Зависимость  $T_r$  от  $T_z'$  для различных степеней расширения: 1 -  $\pi = 3$ ; 2 -  $\pi = 4$ ; 3 -  $\pi = 5$ ; 4 -  $\pi = 6$

1. Меркулов А.П. Вихревые холодильно-нагревательные установки. Куйбышев, 1961.
2. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике.- М.:Машиностроение, 1969.- 183 с.
3. Пиралитвили Ш.А., Новиков Н.Н., Латышев А.В. Воспламенение ацетилена в вихревом термотрансформаторе //Вихревой эффект и его промышленное применение. Куйбышев:КуАИ, 1981. С.132-136.
4. Бирюк В.В., Вилякин В.Е. Экспериментальные исследования охлаждаемой вихревой трубы//Вихревой эффект и его применение в технике. Куйбышев:КуАИ, 1976. С.90-96.
5. Меркулов А.П. Термодинамический анализ регенеративной схемы с самовакuumирующейся и охлаждаемой вихревыми трубами. Куйбышев: КуАИ, 1976. С.5-8.

УДК 621.574

А.Д.Суслов, В.П.Сивков, В.Н.Михушкин, С.Д.Глухов

#### СИСТЕМА ОСУШКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА С ВИХРЕВОЙ ТРУБОЙ

Потребность в осушенном сжатом воздухе растет пропорционально росту применения систем пневмоавтоматики и пневмооборудования на предприятиях различных отраслей народного хозяйства. До настоящего времени проблема осушки сжатого воздуха решается в основном за счет применения адсорбционного метода и отчасти метода конденсации при помощи фреоновых холодильных машин [1].

В МВТУ им. Н.Э.Баумана предложена оригинальная схема конденсационной системы подготовки сжатого воздуха промышленных пневмосистем производительностью 1...10 кг/с и более [2]. Принципиальная схема осушки представлена на рис.1. Сжатый воздух поступает во входной коллектор трехпоточного теплообменного аппарата и, проходя по кольцевым пространствам, образованным наружными и внутренними трубами, поступает в дополнительный коллектор. При этом он охлаждается атмосферным воздухом, обдувающим наружные трубы и осушенным сжатым воздухом, который обратным потоком течет по внутренним трубам. По-