

ны струйной моделью периферийного потока, высота профиля осевого сечения которого колеблется по длине трубы. При  $h_3$  0,5 более высокие участки образованы струйными или квазиструйными течениями периферийного потока, деформированными волновыми возмущениями; при  $h_3$  0,5 может остаться только винтообразное волновое возмущение периферийного потока на его границе раздела с противостоком.

#### Библиографический список

1. Артамонов Н.А., Абросимов Б.Ф. Исследование взаимодействия вынужденного и свободного вихрей в трубе с ВЗУ /Уфимск.нефт. ин-т. Уфа, 1984.- С.10. Деп. в ВИНТИ. 25.04.84, № 2613-84.
2. Артамонов Н.А., Абросимов Б.Ф., Пономарев В.А. Исследование температурных полей в периферийной области закрученного потока /Уфимск.нефт.ин-т. Уфа, 1984.-С.9.-Деп. в ВИНТИ 19.06.84, № 4053-84.
3. А.с. 1302124. Вихревой вертикальный кожухотрубчатый теплообменник /Н.А.Артамонов и др. № 3971689/24-06; Заявлено 01.II.85; Опубл. 7.04.87, Бюл. № 13.- С.4.
4. Артамонов Н.А., Абросимов Б.Ф., Максименко М.З. Струйный характер течения газа в вихревой трубе и ее реверсирование/ ИЖ. 1986, № 5. С.861-962.

УДК 533.697.3

Ю.А.Кныш

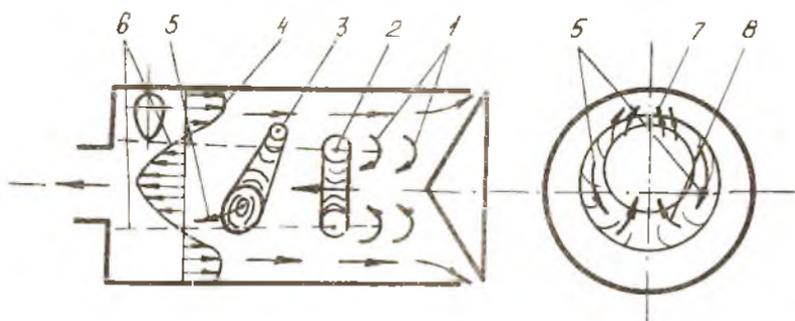
#### О МЕХАНИЗМЕ ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ В ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ ПУЛЬСИРУЮЩИМИ КРУПНЫМИ ВИХРЯМИ

Прикладные вопросы расчета, проектирования и использования вихревых холодильно-нагревательных устройств разработаны достаточно полно. Обширная литература и патентная информация открывают широкие возможности для освоения новых областей применения вихревых труб. Успехи практического применения вихревого эффекта заметно снизили интерес исследователей к более глубокому изучению этого чрезвычайно сложного гидродинамического явления, физическая природа которого во многом остается неясной. Особенно мало публикует-

ся экспериментальных работ с применением современных средств диагностики закрученных газовых потоков. В определенной степени это объясняется недостатком новых идей и гипотез явления, которые позволили бы по-новому сформулировать цели и задачи эксперимента.

Разработка новых взглядов на природу вихревого эффекта особенно важна для поиска нетривиальных подходов в методике постановки эксперимента и построении экспериментальной модели течения.

В настоящей работе внимание исследователей обращается на характерную область течения в вихревой трубе – поверхность раздела периферийного подогретого газа и центрального холодного ядра потока. На рисунке представлена схема течения, где указанная поверхность отмечена пунктирной линией 6. Вдоль границы нулевых значений



Р и с. Схема течения в вихревой трубе: 1 – радиальный переток газа к центру; 2 – торoidalный крупный вихрь; 3 – деформация вихря при радиальном смещении; 4 – поле осевой составляющей скорости; 5 – выброс холодного ядра макровихря к центру вихревой трубы; 6, 7, 8 – граница, зоны смешения

осевой составляющей скорости в эксперименте выявлены максимальные уровни пульсаций. По-видимому, это связано с радиальными перетеканиями масс газа при формировании приосевого течения. Высокий градиент осевой скорости способствует развитию на поверхности раздела потоков малых возмущений и перерастанию их в крупновихревые структуры [1] типа "вихревой тороид". Есть основания предположить, что распределение энергии газа в любом поперечном сечении вихревого тороида соответствует известному [2] закону: массы газа с минимальной внутренней и кинетической энергией расположены вдоль криволинейной оси вихревого тороида.

Сформировавшийся крупный вихрь при взаимодействии с осевым потоком в поле течения с большими градиентами скорости и давления подвергается интенсивной деформации. Возможны два вида деформаций: осесимметричная 2, при которой диаметр вихревого кольца концентрически увеличивается или уменьшается, и ассимметричная 3. Не исключено, что вихревой торонд может совершать периодические радиальные пульсации, подвергаясь циклическому сжатию и расширению в поле радиального градиента статического давления. Нелинейные процессы разогрева газа при сжатии и охлаждения при расширении могут послужить основой для построения элементарного холодильного цикла. При этом увеличение диаметра вихревого кольца будет сопровождаться уменьшением поперечного сечения, повышением угловой скорости вращения (согласно закону сохранения циркуляции), разогревом в процессе асестороннего сжатия.

Несимметричное радиальное смещение крупного вихря должно вызывать (отмеченные стрелкой 5) меридианальные перетоки масс газа, расположенных вдоль оси вихревого шнура. Действительно, при сжатии верхнего участка вихревой трубки относительно более холодные внутренние слои газа выталкиваются вдоль оси вихря в центральную область вихревой трубы. Внешние, более нагретые слои, уносятся к периферии.

Итак, к экспериментальной проверке предлагается следующий механизм энерго- и массообмена при пульсациях крупных вихрей. При симметричных пульсациях относительно поверхности нулевой скорости кольцевой вихрь в цикле сжатия теряет вследствие турбулентного тепло- и массообмена нагретую оболочку в периферийные слои потока, а в цикле расширения внутреннее холодное ядро сносится к оси вихревой трубы. В случае несимметричного смещения в поле центробежных сил давления основные элементы процесса энергопереноса складываются (см. рис.) из следующих стадий: выброса к центру трубы внутренних слоев газа крупного вихря 5; разогрева и смещения с периферийным потоком внешней оболочки вихря 7; перемещения охлажденных слоев торонда к центру вихревой трубы 8.

Экспериментальная проверка изложенной модели энергопереноса может быть проведена на вихревой трубе с дополнительным потоком и короткой вихревой камерой. Выбор конструктивных параметров экспериментальной модели - длины вихревой камеры, формы соплового ввода, диаметров диафрагмы и встречной дополнительной струи - должен производиться из условия получения одиночного крупного вихря

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-