

Скорость для  $Re$  принимается как среднерасходная:

$$\omega_{cp} = \frac{V}{F_T} \quad (15)$$

Данная методика используется при расчетах промышленных вихревых многотрубных аппаратов.

### Л и т е р а т у р а

1. М у х у т д и н о в Р.Х. Создание и промышленное освоение многотрубных вихревых аппаратов. - В сб.: Исследование вихревого эффекта и его применение в технике. - Куйбышев: КуАИ, 1981.
2. М у х у т д и н о в Р.Х. Еще раз о сущности вихревого эффекта. - В сб.: Исследование вихревого эффекта и его применение в технике. - Куйбышев: КуАИ, 1981.

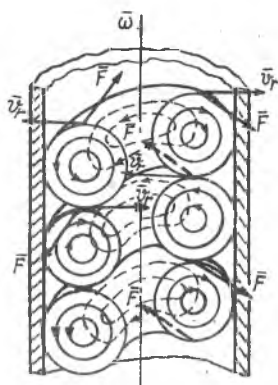
УДК 536.244+532.501.312

Р.Э.Алимов, Р.Ш.Ахметзянов

### ОБ ОБРАТНОМ ЭФФЕКТЕ РАНКА

Известны многочисленные явления, связанные с поступательно-вращательным или так называемым вихревым движением значительных масс воздуха в атмосфере (ураганы, циклоны, антициклоны) и воды в океанах и морях (смерчи, воронки и т.п.). Такие явления пока изучены весьма слабо, и причины их возникновения недостаточно ясны. Здесь, по всей вероятности, решающая роль принадлежит факторам преимущественно термодинамического и гидродинамического характера, в числе которых - возможность реализации обратного эффекта Ранка, заключающегося в возникновении или интенсификации вращательного движения газа под воздействием значительного отрицательного радиального градиента температуры. Высказанное предположение основывается на следующих предпосылках.

Во вращающемся в трубе кольцевом потоке под воздействием центробежных сил происходит потеря устойчивости течения с образованием так называемых вихрей Тейлора-Гертлера, схематично пред-



Р и с. 1. Вихри Тейлора-Гертлера во вращающемся потоке газа

ставленных на рис. 1. Эти вихри при наличии дополнительного осевого движения среды перемещаются по спирали.

Макроскопическое рассмотрение такого течения позволяет заметить некоторые его особенности. В частности, в плоскости поперечного сечения тороидальных вихрей появляются силы Кариолиса (рис. 1), подобно тому, как это имеет место в муфтах гидравлического сцепления [1]. Эти силы, создавая момент, обуславливают потерю устойчивости струи с образованием вторичных бочкообразных вихрей или ячеек, упорядоченно перемещающихся в направлении основного течения по спирали (рис. 1 - пунктирные линии). Более упорядоченный характер течения, обычно сопровождающийся

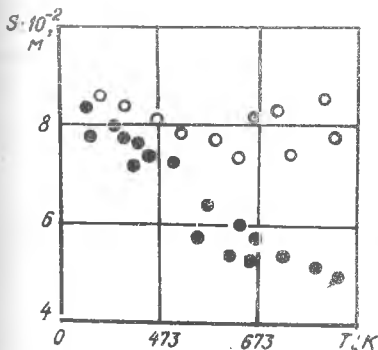
уменьшением сопротивления системы вследствие подавления турбулентных пульсаций, должен привести к росту тангенциальной составляющей скорости и к повышению степени закрутки потока. Отмеченный эффект должен проявляться тем интенсивнее, чем толще закрученная полая струя; что имеет место при малых степенях закрутки потока, так как при этом удлиняется путь струек со скоростью  $U_T$  в радиальном направлении [2]. Решающее влияние на интенсификацию этого эффекта должна оказать температурная стратификация с отрицательным радиальным ее градиентом. Причем для практической реализации эффекта этот градиент должен быть выше значения, имеющего место при прямом эффекте Ранка, и составлять величину около 10 К/мм.

Для проверки этой гипотезы была создана специальная экспериментальная установка, схема которой приводится на рис. 2.

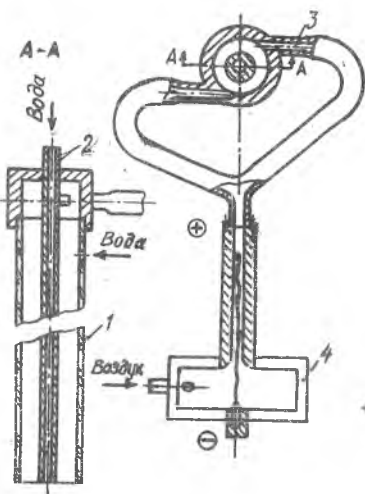
В ВТ 1 через тангенциальные щели 3 подается нагретый воздух. Нагрев воздуха до температуры порядка 600°C производится в плазмотроне 4. Центральная часть ВТ охлаждается за счет пропускания холодной воды через трубу 2. Визуализация шага закрученного потока, однозначно связанного со степенью его закрутки, осуществляется путем введения жидкости в виде тонкой струйки на внутреннюю стенку

трубы. Для наблюдения за шагом струйки используются прозрачные ВТ из жаропрочного стекла и кварца. Струйка жидкости, увлекаемая потоком, совершает движение по спирали, повторяя траекторию движения пристеночных слоев закрученного газа. Начальная степень закрутки потока, оцениваемая параметром  $A_T = \frac{F_T}{F_S} \%$ , где  $F_T$  - площадь сечения трубы,  $F_S$  - суммарная площадь сечения всех тангенциальных щелей, выбирается небольшой и изменяется в пределах от 0,4 до 2. Расход воздуха через трубу диаметром 16 мм изменяется до 10 г/с. Радиальный градиент температуры достигает величины порядка  $60^\circ\text{C}/\text{мм}$ .

Полученные результаты для нескольких режимов приводятся на рис. 3 в виде графиков зависимости шага струи от температуры закрученного потока нагретого воздуха. Здесь  $A_T = 0,8$ ;  $G = 5$  г/с.



Р и с. 3. Зависимость шага закрученного потока от температуры газа: ○ - без охлаждения, ● - с охлаждением



Р и с. 2. Схема экспериментальной установки

Анализ этих данных показывает, что повышение отрицательного радиального градиента температуры в ВТ способствует достаточно заметной интенсификации вращательной составляющей вихревого потока.

#### Л и т е р а т у р а

1. Поль Р.В. Механика, акустика и учение о теплоте. - М.: ГИТТЛ, 1957, с. 199.

2. Довтик С.А., Картавенко В.М. Экспериментальное исследование влияния закрутки потока на эффективность кольцевых каналов выходных патрубков осевых турбомашин. - В сб.: Промышленная аэродинамика. - М.: Машиностроение, 1974, вып. 31.

УДК 532.527.004.14

Ш.А.Пиралишвили, Н.Н.Новиков

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВИХРЕВЫХ ТРУБ

При проектировании устройств на базе высокотемпературной ВТ (вихревых воспламенителей камеры сгорания двигателей летательных аппаратов, вихревых газовых горелок) необходимо знать их термодинамические характеристики при соответствующих температурах. С ростом температуры увеличивается степень диссоциации, вызываемые ею эффекты следует учитывать.

В настоящей работе исследуется вихревой эффект в диссоциирующей газовой смеси, подчиняющейся уравнению состояния [2]

$$p = \rho RT,$$

где  $R(p, T) = \text{var}$ .

Показатели изотермы, изоэнтропы являются функциями температуры и давления:

$$\kappa = \frac{p}{\rho} \left( \frac{\partial p}{\partial p} \right)_{s} = m \frac{C_p}{C_v} \quad - \text{показатель изоэнтропы;}$$

$$m = \frac{p}{\rho} \left( \frac{\partial p}{\partial p} \right)_{T} \quad - \text{показатель изотермы;}$$

$$\beta = \frac{p}{\rho} \left( \frac{\partial p}{\partial p} \right)_{u} = \sqrt{\frac{\kappa - m}{C_v} \frac{pU}{T}} \quad - \text{показатель процесса при постоянной внутренней энергии.}$$

В расчетах использованы газодинамические функции изоэнтропических течений диссоциированных газов, имеющих постоянные показатели  $\kappa$ ,  $\beta$  [2], отличающиеся от выражений для совершенного газа отношением температур:

$$\frac{T^*}{T} = \left( 1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2 \right)^{\frac{\kappa - \beta}{\kappa - 1}}.$$