

новится однородным, т.е. составляющие скорости по осям x и y равны нулю.

Перепад термодинамической температуры, вычисленный по уравнению (3) при тангенциальной скорости на периферии вынужденного вихря, равной скорости звука для воздуха при $\mathcal{E} = 1$, $T = 327$ К, $c_v = 720$ Дж/(кг·К), $\rho = 287,15$ м²/(с²·К), равен 77°С, что соответствует экспериментальным данным. Радиус разделения вихрей r_2 , вычисленный по уравнению (5), при той же тангенциальной скорости равен радиусу вихревой трубы. Перепад температуры при $\mathcal{E} = 0$ по уравнению (3) равен нулю, т.е. для газа, соответствующего свойствам идеального, перепад температуры по радиусу закрученного потока отсутствует.

На основании изложенного можно сделать следующий вывод. В объеме реального газа, расположенного в поле внешней силы, хаотическое молекулярное тепловое движение вырождается в направленное по направлению действий внешних сил, а градиент температуры, возникающий при этом, является результатом перераспределения энергии теплового движения в энергию направленного движения молекул.

УДК 621.396.6:621.574

А.И.Азаров, В.А.Кириличев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ АКУСТИЧЕСКИХ
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВЫХ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ
(Ленинградский политехнический институт)

Сопоставляются спектральные характеристики шума одно- и многоканальных вихревых труб, оборудованных различными глушителями. Показаны возможности создания многоцелевых вихревых аппаратов с интегральным уровнем звукового давления менее 56 дБА и менее 50 дБА. Предложена комплексная характеристика аппарата, учитывающая не только эф-

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, 1992

фективность глушителя, но и уменьшение степени расширения в воздухоохладителе.

Поиск эффективной конструкции глушителя шума холодного потока при заданном ограничении габаритного объема требует: 1) выбора звукопоглощающего материала и трассировки в нем каналов-воздухораспределителей, по которым вводится в объем охлажденный поток; 2) выбора соотношения и последовательности осуществления этапов "объемного" и "линейного" шумоглушения в элементах конструкции исходя из разрешенного уровня аэродинамического сопротивления совокупности элементов "холодного" тракта; 3) выявления, учета специфики спектральной характеристики шума конкретного типа вихревого генератора холода. Пусть степень расширения холодного потока в глушителе $\mu_{гш} = P_x / P_{атм}$ где P_x - давление торможения холодного потока на входе в глушитель, $P_{атм}$ - атмосферное давление на выходе из него. В общем случае должно выполняться условие $L_{гш} \leq 55 - 65$ дБА, причем габаритный объем глушителя не должен превышать 30-100% от габаритного объема собственно генератора холода, а абсолютная эффективность глушителя должна быть не хуже $\Delta L = L - L_{гш} \approx 40$ дБА, где L - интегральный уровень звукового давления генератора холода, не оборудованного глушителем в "холодном" тракте, $L_{гш}$ - то же при наличии глушителя "объемного", "линейного" или "составного" типов.

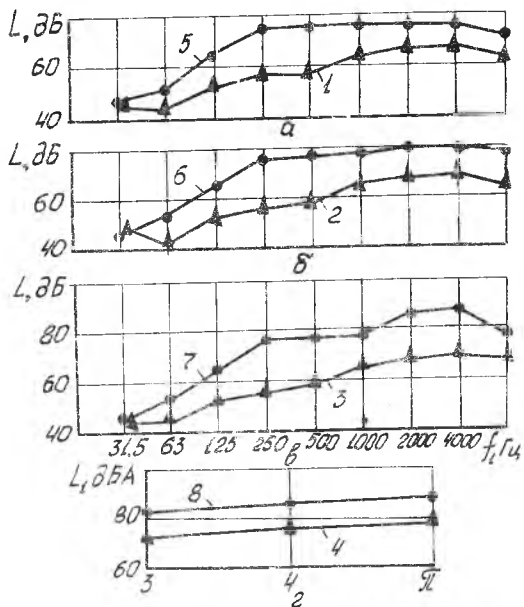
Приведем в табл. I результаты экспериментального исследования, выполненного в соответствии с ГОСТ 12.1.024-81 на базе научно-исследовательской лаборатории вихревой техники Санкт-Петербургского государственного технического университета при участии акустического института. Объекты исследования - адиабатные вихревые воздухоохладители (опытно-промышленные) двух типов:

Т а б л и ц а I

Характеристика	Размерность	Марка охладителя	
		ВВП-20А	ВВ-5/8
Число вихревых камер	шт.	I	8
Форма камеры	-	Коническая	Цилиндрическая
Диаметр вихревой камеры в сопловом сечении	мм	20	5
Габаритные размеры собственно охладителя	мм	200x55x55	100x55x35
Относительное сечение односоплового ввода	-	0,1	0,1

При испытаниях вихревого воздухоохладителя ВВП-20А установлено, что при отсутствии глушителя шума холодного потока основная доля звуковой мощности излучается в диапазоне частот 0,25-4,0 кГц, а при использовании "составного" глушителя - в диапазоне 2-4 кГц. Интегральный уровень звукового давления по степени расширения в ВВП понижается, в среднем, на 10 пБА, что недостаточно для некоторых технических применений аппарата (рис. 1, г).

Более подробные акустические характеристики у многокамерного охладителя ВВ-5/8, оборудованного "составным" глушителем в виде последовательности из "объемного" и "линейного" глушителя приведены в табл. 2

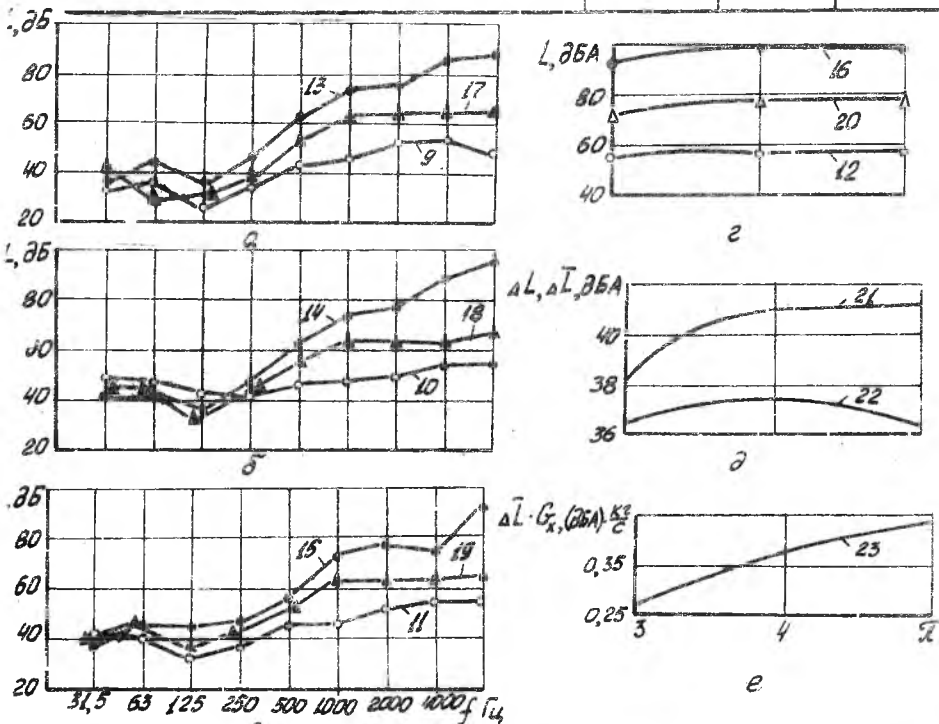


Р и с. 1. Акустические характеристики охладителя ВВП-20А: а, б, в - частотная характеристика шума при общей (располагаемой) степени расширения ($\lambda = 3, 4, 5$ соответственно), кривые 1, 2, 3 - без глушителя; кривые 5, 6, 7 - с составным глушителем; г - интегральный уровень звукового давления (4 - без глушителя, 8 - с составным глушителем)

Т а б л и ц а 2

Наименование геометрической характеристики глушителя	Размерность	Марка охладителя	
		ВВП-20А	ВВ-5/8
Г л у ш и т е л ь о б ь е м н ы й:			
число и диаметр отверстий выпуска холодного потока в объеме	шт., мм	16xø8	360xø2,5
габаритные размеры	мм	70x60x60	70x60x60
число и внутренний диаметр патрубков выпуска холодного потока из глушителя	шт., мм	3xø10	4xø10

Наименование геометрической характеристики глушителя	Размерность	Марка охладителя	
		ВВЛ-20А	ВВ-5/8
Глушитель линейный:			
число и внутренний диаметр трубок-воздуховодов холодного потока	шт., мм	3x ϕ 10	4x ϕ 10
длина трубок воздуховодов	мм	850	850
коэффициент живого сечения канала	-	0,85	0,85
число трубок-воздуховодов горячего потока	шт.	-	I



Р и с. 2. Акустические и комплексные характеристики восьмикаме-
рного охладителя ВВ-5/8: а, б, в - частотная характеристика шума
при общей (располагаемой) степени расширения (\mathcal{K} = 3, 4, 5 соответ-
ственно); кривые 9, 10, 11 - с составным глушителем; кривые 13, 14,
15 - без глушителя; г - интегральный уровень звукового давления
(12 - с составным глушителем, 16 - без глушителя, 20 - с объем-
ным глушителем); д, е - комплексные характеристики шума (21 - без
глушителя, 22, 23 - с составным глушителем)

Как видно из рис. 2, основная доля акустической мощности аппарата без глушителя излучается при частоте около 8 кГц, т.е. в сопоставлении с ВВП-20А сдвиг вправо на акустическом спектре происходит строго обратно пропорционально уменьшению диаметра вихревой камеры. Применение составного глушителя в данном случае привело к снижению интегрального уровня звукового давления в среднем на 41 дБА (рис. 2, г, кривые I2 и I6). Таким образом, переход от "однокамерного" к "многокамерному" исполнению вихревого воздухоохладителя упростил задачу создания "малозумного" вихревого аппарата.

Анализ спектра акустического излучения этих охладителей в октавных полосах без глушителей выявил следующие особенности, которые требуют дополнительные исследования:

с уменьшением диаметра вихревой камеры сужается диапазон излучаемых частот (что напрямую, по нашему мнению, связано с так называемым "масштабным фактором");

в полосе около 125 Гц у ВВ-5/8 наблюдается дискретный минимум звукового давления, что для ВВП-20А соответствует минимуму в полосе около 31,5 Гц (характерно, что отношение частот здесь строго обратно пропорционально отношению диаметров вихревых камер; уместно предположить для последующей экспериментальной проверки, что именно эти "подавленные" по звуковому давлению частоты ответственны, в первую очередь, за возникновение эффекта Ранка при данных масштабах).

Действительная эффективность глушителя с учетом его сопротивления может быть исчислена как отношение (рис. 2, д, кривая 22)

$$\Delta L = (L - L_{га}) / \alpha_{га}$$

Более полную комплексную характеристику (которая может быть использована при определении интегрального показателя качества аппарата в целом [I]) получаем, учитывая действительную величину расхода охлажденного потока через глушитель (рис. 2, е, кривая 23)

$$\Delta L G_x = \mu G_c (L - L_{га}) / \alpha_{га}$$

Ход кривой 22 (см. рис. 2, д) показывает: для исследованного диапазона значений степени расширения воздуха в аппарате "составная" конструкция глушителя оптимальна.

Полученные результаты использованы при разработке конструктивных элементов гаммы вихревых охладителей многоцелевого применения.

создаваемых для серийного производства в Санкт-Петербургской зоне свободного предпринимательства [2].

Библиографический список

1. А з а р о в А.И. Метод сопоставления транспортных холодильников по совокупности технологических и эксплуатационных характеристик // Холодильная техника и технология: Респ. межведом. научн.-техн. сб. Киев: Техника, 1976. Вып. 23. С. 102-109.

2. А з а р о в А.И. Вихревые охладители для промышленной электроники //Повышение эффективности паровых и газовых холодильных машин и процессов теплообмена: Межвуз. сб. научн. тр. Л.: ЛТИХП. 1989. С. 135-141.

УДК 536.27

А.Н.Балалаев, А.Е.Князев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ВИХРЕВЫХ ТРУБАХ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИДЕАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

(Самарский политехнический институт)

Предложен метод моделирования рабочих процессов в различных вихревых трубах (прямо - точной, противоточной, трубе с дополнительным потоком) с помощью идеальных элементов типа: адиабатная турбина, изотермический дроссель, идеальный теплообменник. Метод позволяет получать результаты, качественно совпадающие с опытными значениями, и анализировать работу различных конструкций вихревых труб.

В работе [1] предложен метод расчета противоточной вихревой трубы с помощью идеальных термодинамических элементов типа: идеаль-

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, 1992